ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 8 mars 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gabriel Bertrand** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *Georges Lemoine*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gabriel Bertrand** prend place parmi ses Confrères.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété cinématique des surfaces* W. Note [1] de M. **Luigi Bianchi**.

Considérons un quadrilatère gauche ABCD, dont les quatre côtés AB, BC, CD, DA sont égaux (un losange gauche). Supposons que le losange acquière, dans l'espace, une double infinité de configurations, dont la forme varie d'une manière continue, ainsi que, en général, la longueur du côté.

On demande de trouver tous les cas où les conditions suivantes sont satisfaites :

Les quatre surfaces (A), (B), (C), (D), *décrites par les quatre sommets, sont tangentes, chacune, aux deux côtés issus du sommet.*

Cela étant supposé, on aura les propositions que voici :

I. *La droite* PQ *qui joint les milieux* P, Q *des deux diagonales* AC, BD

---

(1) Séance du 5 mars 1923.

du losange décrit une congruence normale, et les surfaces orthogonales à cette congruence sont des surfaces W (*leurs rayons principaux de courbure sont fonctions l'un de l'autre*).

II. *Les quatre côtés du losange décrivent quatre congruences dont le paramètre moyen est constant* (c'est-à-dire que la différence entre les carrés des distances des points limites et des foyers est une constante, la même pour les quatre côtés).

III. *Ces quatre congruences sont aussi des congruences de roulement, engendrées par l'axe d'un hélicoïde, applicable sur l'une ou sur l'autre nappe de la développée des surfaces* W, *qui roule sur cette surface.*

Maintenant, pour l'existence effective des configurations supposées, on a les propositions inverses, qu'on peut rapporter à *toute* surface W, ou bien, ce qui est la même chose, à cause des célèbres théorèmes de Weingarten, à toute surface S applicable sur une surface de révolution. Pour chaque surface S il y a *une double infinité* de solutions de notre problème, que l'on obtient en termes finis. Si l'on a choisi une de ces ∞^2 solutions, et que l'on imagine chaque losange gauche *invariablement lié* aux éléments du plan tangent à S dans le point qui correspond au losange, puis que l'on déforme par flexion la surface S comme l'on veut, les nouvelles positions des losanges donneront toujours une solution relative à la surface déformée.

Comme toute surface de révolution admet ∞^2 hélicoïdes applicables, la double infinité de solutions du problème, pour chaque surface S applicable, reste caractérisée par la construction suivante :

Sur la surface S (*applicable sur une surface de révolution*) *on fera rouler un hélicoïde applicable, quel qu'il soit; l'axe de cet hélicoïde engendre l'une des quatre congruences demandées.*

Pour avoir les trois autres, on fera rouler le même hélicoïde sur la face opposée de S, et de même l'hélicoïde complémentaire sur la surface S′ complémentaire de S.

Nous avons dit que, en général, le losange variable change aussi la longueur de son côté. Il y a toutefois un cas particulier remarquable où le côté même du losange reste invariable, et par conséquent aussi l'angle des deux faces. Dans ce cas :

La surface S, *ainsi que sa complémentaire* S′, *sont applicables sur une quadrique de révolution, et les quatre surfaces lieux des sommets du losange sont des surfaces avec la même courbure constante, dans la relation du théorème de permutabilité. L'hélicoïde roulant est un hélicoïde logarithmique* (*son profil méridien est une courbe logarithmique*).

M. **Antoine Balland** fait hommage à l'Académie d'un portrait à la pointe sèche, d'*Hippolyte Larrey*, par G. Isabey.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Ciamician*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 49,

M. Jules Bordet	obtient	. . . .	43 suffrages
M. Winogradsky	»	. . . .	5 »
M. Paternò	»	. . . .	1 suffrage

M. **Jules Bordet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par 41 voix contre 1 à M. *Osborn*, M. **J. Cornet** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *W. C. Brögger*, élu Associé étranger.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Picard**, **Appell**, **Sebert**, **Painlevé**, **Bigourdan**, **Lecornu**, **Branly**, **Moureu**, **Kœnigs**, **Rateau**, **Viala**, **Janet**, **Joubin**, **Ferrié** sont désignés pour faire partie du Conseil national de l'*Office national des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Colonies** adresse la copie des renseignements qu'il a reçus du Gouverneur général des Établissements français de l'Océanie, au sujet du *tremblement de terre* dont les côtes du Chili ont été le théâtre en novembre 1922.

M. W. C. **Brögger**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Science, technique et industries photographiques*. Résumés par L.-P. Clerc. Vol. II, 1922. (Présenté par M. L. Lumière.)

2° *Les matériaux des constructions mécaniques et aéronautiques. Calculs de résistance. Étude des matières premières. Essais des bois. Essais des métaux et de leurs alliages*, par Ed. Marcotte et E. Béréhare.

3° *Étude sur les Poissons rapportés par M. Henri Gadeau de Kerville de son voyage zoologique en Syrie* (avril-juin 1908), par Jacques Pellegrin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Roman Galarza. *Quimica experimental*.

5° Alliaume. *Application de la nomographie aux calculs d'étalonnage des instruments de mesure*. (Présenté par M. d'Ocagne.)

6° Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de sismologie. *Comptes rendus des séances de la première conférence réunie à Rome du* 2 *au* 10 *mai* 1922, rédigés par le secrétaire E. Rothé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le logarithme d'un nombre algébrique*. Note [1] de M. **Mordoukhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

La célèbre démonstration d'Hermite pour la transcendance du nombre e peut être utilisée dans la recherche d'une condition pour la représentation d'un nombre donné par *le logarithme d'un nombre algebrique*.

Le point de départ est la formule de Lagrange

$$f\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)=\left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)f'\left[\xi+\theta\left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)\right]\leqq\left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)\mathrm{M} \qquad (0<\theta<1). \tag{1}$$

$f(\xi)=0$ étant l'équation transcendante en ξ

$$c_0+c_1e^{\xi}+c_2e^{2\xi}+\ldots+c_ne^{n\xi}=0. \tag{2}$$

---

[1] Séance du 5 mars 1923.

Dans (1), nous pouvons remplacer la fraction $\frac{f\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)}{M}$ par une grandeur moindre $\frac{A}{B}$.

La condition (1) ne sera pas remplie si

$$\left|\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right| < \frac{A}{B}; \tag{3}$$

e^{λ}, où $\lambda = \frac{\alpha}{\beta}$ est rationnel, est nécessairement un nombre transcendant, qui ne peut pas satisfaire à l'équation

$$c_0 + c_1 e^{\lambda} + c_2 e^{2\lambda} + \ldots + c_n e^{n\lambda} = 0. \tag{4}$$

Dans l'identité

$$(c_0 + c_1 e^{\lambda} + c_2 e^{2\lambda} + \ldots + c_n e^{n\lambda}) F(0) = \sum_{k=0}^{k=n} c_k F(k\lambda) + \sum_{k=1}^{k=n} c_k e^{k\lambda} \int_0^{k\lambda} e^{-x} f(x)\, dx, \tag{5}$$

$$f(x) = \frac{1}{\overline{p-1}\,!} x^{p-1}(x-\lambda)^p (x-2\lambda)^p \ldots (x-n\lambda)^p,$$

$$F(x) = f(x) + f'(x) + \ldots + f^{(\nu)}(x);$$

$\nu = np + p - 1$ étant le degré de $F(x)$, $\sum_{k=0}^{k=n} c_k F(k\lambda)$ est un polynome en λ du degré $\mu = \nu - p = np - 1$ et $= \frac{\Omega}{\beta^{\mu}}$, où Ω est entier.

$\Omega \gtrless 0$ parce que, dans $\beta^{\mu} \sum_{k=0}^{k=n} c_k F(k\lambda)$, tous les composants, excepté le premier, $\beta^k c_0 F(0)$ sont divisibles par p, si l'on suppose p premier et

$$p > |c_j|, \tag{6}$$

$$p > \beta. \tag{7}$$

Remarquons maintenant que, pour p assez grand,

$$|R_n| = \left| \sum_{k=1}^{k=n} c_k e^{k\lambda} \int_0^{k\lambda} e^{-x} f(x)\, dx \right| < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}. \tag{8}$$

En effet, en désignant par $\overline{f}$ le maximum de $e^{-x} f(x)$ entre 0 et $k\lambda$,

$$\left| \int_0^{k\lambda} e^{-x} f(x)\, dx \right| \leq \overline{f} k\lambda.$$

Or, comme $\overline{f} < \frac{1}{p-1!} n^\nu \lambda^\nu$,

$$|R_n| < \frac{n^{\nu+1}\lambda^{\nu+1}}{p-1!} e^{n\lambda}\sigma, \qquad \sigma = \sum_{k=1}^{k=n} |c_k|.$$

En vertu de la formule de Stirling, nous pouvons déterminer $q = \overline{p-1}$ par l'inégalité

$$(9) \qquad \frac{n^{\nu+1}\lambda^{\nu+1}\sigma e^{n\lambda}}{\sqrt{2\pi}\, q^{q+\frac{1}{2}} e^{-q}} < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}.$$

Cette inégalité peut être remplacée par les deux suivantes :

$$(10) \qquad q > ke(\alpha n)^{n+1},$$

où $k > 1$, et

$$(11) \qquad k^q \sqrt{2\pi q} > (\alpha n)^{n+1} \sigma e^{n\lambda}.$$

Pour α (ou β) suffisamment grand, l'inégalité (11) et aussi (6) et (7 sont des conséquences de l'inégalité (10). Ainsi pour

$$q > g\alpha^{n+1},$$

où g est indépendant de α, le second membre de (5) est plus grand que

$$\frac{1}{\beta^\mu} - |R_n| > \frac{1}{\beta^\mu} - \frac{1}{\beta^{\nu+1}} > \frac{1}{\beta^{\nu+1}}$$

et, pour le second membre de (3), on peut prendre

$$\frac{1}{\beta^{\nu+1} M F(0)}.$$

Remplaçons maintenant F(o) par une quantité plus grande : on a

$$F(0) = f(0) + f'(0) + \ldots + f^{(\nu)}(0).$$

Les $p-1$ premiers termes sont nuls. Comme le nombre de termes de

$$f(x) = \frac{1}{p-1!}[x^n - s_1 x^{n-1} + \ldots + s_n]^p x^{p-1}$$

avant réunion des termes semblables est $(n+1)^p$, on voit facilement que

$$|f^{(p-1+\mu_1)}(0)| < N^p \nu!\, \lambda^\nu \qquad (0 < \mu_1 < \nu - p),$$

N ne dépendant pas de p, mais seulement de n, et que

$$|F(0)| < N^p \nu! (\nu - p + 1)\lambda^\nu < Q^p (\nu+1)!\, \lambda^{\nu+1},$$

Q ne dépendant pas de p.

En remarquant que $M \leq n\sigma e^{n\lambda}$, on peut poser, dans l'inégalité (3),

$$A = 1, \qquad B = T^p(\nu + 1)!\,\alpha^{n+1},$$

où T ne dépend pas de p ni de α. Prenons maintenant $p = q + 1$ premier avec

$$g\alpha^{n+1} < q < 2g\alpha^{n+1}.$$

Ce qui est possible en vertu du théorème de Tschebychew. On aura

$$\nu + 1 < g'\alpha^{n+1}$$

et pour α (ou β) assez grand

$$T^p\alpha^{\nu+1} < \overline{\nu + 1}\,!$$

et l'on pourra poser

$$A = 1, \qquad B = (g'\alpha^{n+1}!)^2$$

ou

$$B = g''\alpha^{2(n+1)}!,$$

soit, comme la limite $\frac{\alpha}{\beta}$ est finie,

$$A = 1, \qquad B = \beta^{\omega}!,$$

ω étant constant.

Ainsi *si pour une fraction ordinaire* $\frac{\alpha}{\beta}$ *de dénominateur* β *assez grand,* $\left|\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right|$ *est moindre que* $\frac{1}{\beta^{\omega}!}$ *où* ω *est un nombre fini quelconque, le nombre* ξ *n'est pas le logarithme naturel d'un nombre algébrique.*

Exemple :

$$\sum_{n=1}^{n=\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n!)^{n!}}.$$

Observations de M. **Hadamard** *à propos de la Communication précédente.*

La remarquable Note de M. Mordoukhay-Boltovskoy est une des plus belles applications qui aient été faites des idées contenues dans le *Mémoire sur la fonction exponentielle.*

Indépendamment d'autres extensions que l'auteur a en vue et sur lesquelles il compte revenir ultérieurement, peut-être ouvrira-t-elle la voie à des recherches d'un ordre assez nouveau, au moins à ma connaissance, et qui généraliseraient notablement celles de Liouville, auxquelles la Note de M. Mordoukhay-Boltovskoy est également apparentée d'une manière évidente.

Imaginons en effet qu'on opère sur la démonstration de Lindemann (ou sur l'une des autres formes qui lui ont été données dans des travaux ultérieurs tels que celui de Weierstrass) comme il vient d'être fait sur celle d'Hermite. Il est clair qu'on doit pouvoir obtenir une limite inférieure de l'erreur commise en remplaçant ξ non plus par une fraction ordinaire, mais par un nombre algébrique. Je ne sais d'ailleurs jusqu'à quel point ce sujet de l'approximation d'un nombre déterminé par des nombres *algébriques* (et non plus rationnels) a été étudié en général : je ne crois pas, en tout cas, qu'il l'ait été en ce qui regarde les nombres considérés par l'auteur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On sait que la série entière $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$, dans laquelle

$$\lim(\lambda_{n+1} - \lambda_n) = \infty,$$

admet son cercle de convergence comme coupure. Mais si l'on suppose seulement qu'il existe une suite de λ_n

$$\lambda_{n_1}, \quad \lambda_{n_2}, \quad \ldots, \quad \lambda_{a_i}, \quad \ldots,$$

telle que

$$(1) \qquad \lim(\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i}) = \infty,$$

la série peut représenter une fonction qui admet un arc régulier sur le cercle de convergence. Un exemple en est donné par M. Ostrowski [2]

$$\sum_{k=1}^{\infty} z^{10^{10^k}} \sum_{n=1}^{10^{4\cdot 10^k}} \frac{(-10^{2\cdot 10^k} z)^n}{n!}.$$

On peut se demander quelles sont, sur le cercle de convergence, les singularités d'une fonction représentée par une série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ pour laquelle la condition (1) est vérifiée.

Nous verrons que *la nature et le nombre des points singuliers situés sur le*

---

(1) Séance du 5 mars 1923.

(2) *Abh. aus dem Mathematischen Seminär der Hamburgischen Universität*, Band 1, Heft. 3-4.

cercle de convergence sont liés à la croissance de la suite

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots.$$

Je démontre le théorème suivant :

Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ *satisfait à la condition* (1), *il y a sur le cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.*

Ce théorème est une conséquence immédiate de la proposition suivante :

S'il y à une infinité de λ_{n_i} *tels que*

$$\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i} \geqq k,$$

la fonction représentée par la série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ *admet au moins* $k+1$ *pôles sur le cercle de convergence, ou bien elle a, sur ce cercle, des points singuliers autres que des pôles.*

La démonstration est immédiate si l'on considère les déterminants $\Delta_{n,p}$ de la forme

$$\Delta_{n,p} = \begin{vmatrix} a_{n1} & a_{n+1} & \ldots & a_{n+p-1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n+p-1} & \ldots & \ldots & a_{n+2p-1} \end{vmatrix}$$

en utilisant quelques résultats obtenus par M. Hadamard dans sa Thèse.

En tenant compte d'un théorème de M. Ostrowski [1], on voit que *si la suite*

$$S_{\lambda_{n_1}}, \quad S_{\lambda_{n_2}}, \quad \ldots, \quad S_{\lambda_{n_i}}, \quad \ldots,$$

où

$$S_{\lambda_n} = \sum_{m=1}^{n} a_m x^{\lambda_m}$$

converge uniformément dans un domaine connexe, qui contient dans son intérieur les points intérieurs du cercle de convergence et d'autres points extérieurs à ce cercle, alors il y a sur le cercle de convergence au moins un point singulier qui n'est pas un pôle.

Je démontre maintenant le théorème suivant :

Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} x^{\lambda_n}$ *dont les coefficients sont égaux à* 1 *peut être complétée (c'est-à-dire si l'on peut introduire des termes de coefficients quelconques correspon-*

---

(1) *Loc. cit.*, p. 327, note (2).

dant aux puissances manquant) de telle manière que la fonction représentée par la nouvelle série admette le point 1 *comme point régulier, la fonction*

$$\psi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n},$$

dans laquelle les a_n *sont arbitraires, admet sur son cercle de convergence deux points singuliers au moins.*

On voit que *la suite* $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ *fournit des renseignements sur le nombre des points singuliers sur le cercle de convergence.*

Considérons maintenant les trois séries :

1°
$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

possédant une infinité de lacunes définies par la suite λ_{n_i} avec

$$\lim(\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i}) = \infty;$$

2°
$$\sum_{i=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i}+1};$$

3°
$$\sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

et supposons que les trois suites λ_n, $\lambda_{n_i} + 1$, λ_m forment la suite de tous les nombres entiers.

Je démontre le théorème suivant :

La fonction

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n} + \sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

admet sur son cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.

Mais la fonction

$$\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n} + \sum_{i=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i}+1} + \sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

peut n'avoir qu'un pôle simple sur ce cercle.

On voit donc que la nature des singularités sur le cercle de convergence est liée à la suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$.

MÉCANIQUE. — *Sur l'écrouissage.*
Note de M. **Malaval**, présentée par M. Mesnager.

Dans une Note du 9 octobre 1922, M. Seigle signale les avantages de l'écrouissage appliqué à la fabrication des tubes et des canons.

Nous avons à partir de 1909 effectué toute une série d'essais sur ce sujet, en écrouissant des tubes non par traction longitudinale mais par compression interne. L'application d'une pression interne produit en effet l'état de frettage continu, et c'est ce qui constitue l'avantage principal de la méthode.

Nous avons pu ainsi fabriquer pour la première fois en 1912 par ce procédé avec le concours gracieux de MM. Schneider, un canon de 14^{cm} de marine, dont les essais au tir ont donné d'excellents résultats.

D'autre part l'écrouissage exercé dans un sens ne produit pas des effets égaux dans tous les sens.

Une barre d'acier écrouie par traction longitudinale présente suivant son axe une résistance à la compression exactement égale à sa limite élastique primitive, et perpendiculairement à son axe une résistance plus grande que la limite élastique primitive mais inférieure cependant à la charge unitaire appliquée par traction [1].

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Intégration locale des équations d'Einstein (problème intérieur).* Note de M. **Georges Darmois**.

A l'intérieur de la matière, les coefficients de la forme fondamentale satisfont aux dix équations suivantes, où $T_{\lambda\mu}$ est le tenseur matériel conservatif :

$$(1) \qquad R_{\lambda\mu} = -\chi\left[T_{\lambda\mu} - \frac{1}{2} g_{\lambda\mu} T\right].$$

Prenons

$$T_{\lambda\mu} = \rho u_\lambda u_\mu, \qquad T = \rho, \qquad R = \chi\rho,$$

u_λ, u^λ sont les composantes covariantes et contrevariantes de la vitesse généralisée. On introduit donc cinq inconnues nouvelles qui satisfont aux quatre

---

(1) Voir *Mémorial de l'Artillerie française*, 1922.

équations de conservation du tenseur et à l'équation

$$\sum g_{\lambda\mu} u^\lambda u^\mu = 1.$$

Ces équations, on le sait, se transforment et donnent :

1° L'équation de continuité

$$\sum_i \frac{\partial(\rho u^i)}{\partial x_i} = 0;$$

2° Quatre équations exprimant que les lignes de courant généralisées sont des géodésiques de l'espace cherché.

Nous adopterons les mêmes coordonnées que pour le problème extérieur ([1]), x_4 sera la distance géodésique normale à un certain espace à trois dimensions.

Si nous joignons à ces cinq équations les six premières, $\lambda, \mu = 1, 2, 3$ du groupe (I), nous déterminerons de façon unique nos onze inconnues, connaissant les valeurs de $g_{\lambda\mu}$, $\frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x_4}$, u^i, ρ pour $x_4 = 0$. Il faut, pour cela, que l'espace choisi comme espace initial ne soit pas exceptionnel, et que, de plus, la composante $u_4 = u^4$ ne soit pas nulle pour $x_4 = 0$, ce qui exprime que la vitesse n'est pas partout tangente à l'espace initial.

Il reste à satisfaire cinq équations

$$R_{i4} = -\chi\rho u_i u_4, \qquad R_{44} = -\chi\rho\left[u_4^2 - \frac{1}{2}\right], \qquad \sum g_{\lambda\mu} u^\lambda u^\mu = 1.$$

Il est facile de voir qu'il suffit que ces équations soient vérifiées pour $x_4 = 0$. Elles déterminent successivement les valeurs initiales de ρ, u_4 (au signe près), puis u_1, u_2, u_3 en fonction des données initiales $g_{\lambda\mu}$, $\frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x_4}$, sous les conditions, vérifiées dans l'espace initial :

$$1^\circ \quad R \neq 0; \qquad 2^\circ \quad R_{44} - \frac{1}{2} R \neq 0.$$

La solution du problème est unique, on voit qu'elle est en somme plus simple que celle du problème extérieur.

Mais le point intéressant est que l'espace extérieur et l'espace intérieur doivent avoir deux formes quadratiques qui se prolongent. Tout le long de l'espace à trois dimensions engendré par la surface qui limite une masse ma-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 646.

térielle, les valeurs des potentiels et de leurs dérivées premières ont la même valeur pour les deux espaces.

Or nous savons que, pour le problème extérieur, les données initiales ne sont pas quelconques. Elles satisfont à quatre conditions. Si l'on essaie de déterminer ρ et les u^i, on constate que u_4 est forcément nul. On se trouve donc dans le cas exceptionnel du problème intérieur.

Les données restantes u^1, u^2, u^3 ne sont plus quelconques. Elles doivent satisfaire à quatre équations, conditions nécessaires.

Leur interprétation est que l'espace de séparation $x_4 = 0$ doit être engendré par des géodésiques de l'espace total, géodésiques qui le sont à la fois pour l'espace extérieur et l'espace intérieur. Si la masse matérielle est très petite, on retrouve, sous une forme précise, l'énoncé classique des géodésiques, qui n'est donc jamais qu'un résultat approché.

Il n'est pas difficile d'étendre ces résultats au cas ou le tenseur matériel est celui qui convient à un fluide parfait. Si l'on prend le problème général à partir du problème intérieur, supposé résolu, on constate aisément que les conditions qui sont supposées vérifiées à la surface de la matière indiquent précisément la possibilité du prolongement par un ds^2 extérieur. La condition $u_4 = 0$ suffit à vérifier les quatre conditions du problème extérieur.

Ainsi le ds^2 intérieur détermine entièrement et d'une façon unique le ds^2 extérieur.

On peut en déduire une vue assez nette du problème des n corps. A chacune des masses matérielles est attachée une forme quadratique qui est son ds^2 intérieur.

Chacune de ces formes admet un prolongement unique dans l'espace extérieur. Il faut que ces formes extérieures soient les mêmes, si l'on a adopté un système de coordonnées unique. Ces conditions déterminent, autant qu'il est possible, la dépendance mutuelle des mouvements des n masses.

Même dans le cas simple de deux corps, ce problème paraît très difficile.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements plans des liquides doués de viscosité.* Note de M. U. Cisotti.

Soient : μ le coefficient de viscosité, u et w les composantes de la vitesse, p la valeur de la pression, ρ la densité d'un liquide lorsque les trajectoires sont planes et verticales.

D'après M. J. Grialou ([1]), en posant

$$u = -\frac{\partial \Phi}{\partial z}, \qquad w = \frac{\partial \Phi}{\partial x},$$

on obtient, dans l'hypothèse d'un régime permanent, la relation

$$(1) \qquad \frac{\mu}{\rho} \Delta\Delta\Phi = -\frac{\partial \Phi}{\partial z}\frac{\partial \Delta\Phi}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial x}\frac{\partial \Delta\Phi}{\partial z}$$

déterminant analytiquement la fonction Φ.

Très récemment j'ai trouvé ([2]), dans l'hypothèse plus générale d'un régime variable, la relation suivante (avec les notations de M. J. Grialou):

$$(2) \qquad \Delta\left(\frac{\mu}{\rho}\Delta\Phi - \frac{\partial \Phi}{\partial t}\right) = \mathfrak{D},$$

ayant indiqué par $\mathfrak{D}$ le second membre de (1), qui est simplement le jacobien de $\Phi \, e \, \Delta\Phi$.

Si le régime est permanent on a

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0$$

et (2) deviendra bien (1).

M. J. Grialou observe que, si le liquide est parfait, $\mu = 0$ et l'on a, d'après notre notation,

$$(3) \qquad \mathfrak{D} = 0,$$

qui admet la solution

$$\Delta\Phi = K\, e^{\Phi}.$$

On peut remarquer à ce propos qu'il s'agit d'une solution très particulière. La solution générale de (3) est la suivante :

$$\Delta\Phi = F(\Phi),$$

où F désigne une fonction arbitraire de Φ. C'est la solution des mouvements plans d'un liquide parfait, déjà envisagée par Lagrange ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 566.

([2]) *Sulle equazioni del moto piano dei liquidi viscosi* (*Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, vol. 56, 1923).

([3]) *Œuvres*, t. 14, p. 720, et STOKES, *Papers*, t. 1, p. 15.

ASTRONOMIE. — *La réforme du Calendrier en Grèce*. Note de M. D. EGINITIS, présentée par M. Bigourdan.

La question de l'unification du Calendrier, qui, depuis environ trois siècles et demi (1582), préoccupe le monde civilisé, s'est toujours heurtée jusqu'ici, dans l'Europe orientale, à plusieurs difficultés et objections politiques et religieuses ou ecclésiastiques, plus ou moins fondées.

La principale difficulté religieuse qui entravait la réforme du Calendrier Julien chez les orthodoxes a été le fameux Canon pascal du Concile de Nicée. Pendant longtemps, cet obstacle a paru insurmontable, car, si le décret de ce Concile œcuménique ne permettait pas la réforme du Calendrier ecclésiastique en ce qui concerne la célébration de la Pâque, il faudrait la réunion d'un autre Concile œcuménique pour le changer, c'est-à-dire, vu les conditions actuelles de l'église grecque, quelque chose d'impossible.

Mais ce décret, qui passait pour perdu, a été retrouvé.

Or, *il ne contient rien qui puisse contrarier la réforme du Calendrier;* au contraire, il constitue un motif pressant pour faire la réforme conformément aux indications de la Science et la Vérité.

En effet, le Concile de Nicée ne détermine ni la manière de fixer la Pâque, ni la date du 21 mars Julien comme date de l'équinoxe, ni cet équinoxe même comme limite initiale de cette fête; il ordonne simplement: *que tous les chrétiens célèbrent le même jour unanimement la sainte fête de Pâques*.

D'autre part, l'Eglise universelle a accepté depuis lors, conformément à la règle traditionnelle, suivie même par l'ancienne synagogue, que la *Pâque doit être célébrée le dimanche qui suit le quatorzième jour de la première lunaison après l'équinoxe du printemps*.

Mais en 325, année du Concile de Nicée, l'équinoxe du printemps, suivant l'opinion des astronomes d'Alexandrie, tombait le 21 mars (réellement le 20 mars julien 16^h t. m. de Jérusalem). Et cette date fut depuis acceptée par toute l'Église comme première limite des pleines lunes pascales ou comme date ecclésiastique de l'équinoxe du printemps dans le calendrier Julien.

Mais cette date julienne, qui, suivant la croyance de cette époque, serait la *date perpétuelle* de l'équinoxe vernal, n'est réellement pas fixe; et, en conséquence de sa mobilité, la vraie date de l'équinoxe est actuellement

éloignée du 21 mars julien d'environ 13 jours. La décision donc du Concile de Nicée et la règle traditionnelle, rappelée ci-dessus, loin de se contrarier, imposent au contraire la réforme.

L'Église orthodoxe n'a jamais voulu se séparer des prescriptions de ce Concile et de la Science.

Une autre difficulté ecclésiastique tient à *l'origine* même de la réforme grégorienne.

Mais, son remplacement par un nouveau [instamment réclamé ces dernières années par tout le monde civilisé ([1]) et décidé, sur la proposition de l'Académie des Sciences de Paris, par l'Association des Académies, en 1913, à Petrograd et, actuellement, par l'Union astronomique qui a nommé une Commission spéciale dans ce but], fait dissiper cette difficulté; l'accession simultanée de toutes les Églises chrétiennes au nouveau Calendrier perpétuel, rédigé au mois de mai 1922, par cette Union à Rome, facilitera celle de l'Église orthodoxe aussi.

Une autre difficulté, très grande, a été l'inflexible opposition de la Russie, qui, pour des raisons politiques et ecclésiastiques, n'a jamais voulu accéder au calendrier grégorien; mais les conséquences de la guerre mondiale et les modifications qu'elle a apportées dans la situation politique des nations orthodoxes du centre, de l'est et du sud-est de l'Europe, ont levé, en grande partie, ces difficultés.

Profitant de ces circonstances favorables, j'ai soumis au Gouvernement hellénique, au mois de décembre 1918, un long mémoire, montrant la nécessité, l'opportunité et la justesse scientifique de cette réforme.

Ce mémoire fut adressé par le Ministère des cultes au Saint-Synode de Grèce avec la prière de l'étudier et de se prononcer. Le Saint-Synode, après un mûr examen de la question, a adopté, *à l'unanimité*, la motion suivante, conforme aux conclusions de mon mémoire :

« Que le changement du calendrier Julien, ne se heurtant à des raisons dogmatiques et canoniques, peut être réalisé, après une entente avec toutes les autres églises autocéphales orthodoxes et notamment avec le Patriarcat de Constantinople, auquel devrait nécessairement être confiée l'initiative de toute action relative, à condition non pas de l'accession au calendrier grégorien, mais de la rédaction d'un nouveau calendrier, plus exact, au point de vue scientifique, et exempt des défauts des deux calendriers Julien et grégorien. Si l'État croit qu'il ne peut pas attendre jusqu'à l'établisse-

---

([1]) La question de la réforme du calendrier est de nouveau au programme du Congrès international des Chambres de commerce, qui doit se tenir à Rome du 23 au 27 mars 1923.

ment du nouveau calendrier scientifique, il est libre d'adopter le calendrier grégorien, tandis que l'Église, *en attendant*, gardera le calendrier Julien. »

Le gouvernement hellénique, profitant de cet important arrêté, a promulgué le 18/31 janvier, un décret législatif, suivant lequel : le 16 février 1923 (v. s.), en Grèce, sera pour toutes les relations civiles, le 1er mars 1923. Le Calendrier Julien sera conservé pour l'Eglise et les fêtes religieuses.

Mais pour que l'Église grecque change aussi son calendrier, elle doit obtenir d'abord le consentement de toute l'Église orthodoxe.

C'est pour cette raison que tous les États orthodoxes aussi ont réalisé l'unification de la mesure du temps *sans toucher aux fêtes religieuses*, en introduisant simplement dans les actes de la vie civile et politique la date grégorienne.

D'après l'arrêté ci-dessus du Saint-Synode de Grèce, l'Église grecque est bien disposée à changer son calendrier; mais elle paraît préférer l'adoption directe d'un calendrier, exempt des défauts communs au Calendrier Julien et au Calendrier grégorien; les raisons ne sont pas seulement celles d'ordre ecclésiastique, citées plus haut, mais en outre, des raisons pratiques. En effet, il n'est ni pratique ni prudent que l'Église change son calendrier et, par conséquent, ses règles et ses habitudes séculaires pour en adopter un autre *aussi fautif*, juste au moment même où tous les peuples qui suivent ce dernier trouvent qu'il est nécessaire de l'abandonner pour ses défauts. En acceptant ce calendrier, elle serait bientôt obligée de procéder à une nouvelle réforme qui apporterait un nouveau trouble dans les règles et les habitudes nouvellement reçues, ce qui est très dangereux et pourrait avoir des conséquences très graves.

Mais pour que le nouveau calendrier, rédigé dernièrement à Rome par la Commission 32 de l'Union astronomique puisse être un jour adopté en même temps par tout le monde, il est indispensable qu'une autorité s'en occupe. Or c'est l'Académie des Sciences de Paris qui a pris l'initiative de proposer, en 1913, l'examen de la réforme du calendrier par l'Association des Académies; c'est donc à elle qu'appartient le droit d'utiliser le résultat de sa proposition, soit directement, soit par l'intermédiaire de la Société des Nations, qui en raison de son autorité et de sa juridiction, est tout indiquée pour se charger de faire aboutir l'adoption du nouveau calendrier, non seulement par les peuples chrétiens, mais aussi par tous les peuples civilisés.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *La diffraction des rayons X par les corps smectiques* (¹). Note de MM. M. DE BROGLIE et E. FRIEDEL, présentée par M. Brillouin.

Les travaux de G. Friedel sur les corps méromorphes ont mis en évidence qu'il existe, pour la matière, entre l'état amorphe et l'état cristallisé, deux états intermédiaires possibles : l'état nématique, dans lequel les molécules seraient distribuées au hasard mais auraient toutes une direction commune (liquides à fils et à noyaux); l'état smectique, dans lequel les molécules, ayant une direction commune, seraient en outre réparties par surfaces parallèles équidistantes (liquides à coniques). Les corps cholestériques (liquides à plans de Grandjean), qui paraissent former un troisième groupe, ne sont que des corps nématiques doués de torsion (²).

Si ces idées sont exactes, ni les corps nématiques ni les corps cholestériques ne doivent diffracter nettement les rayons X. C'est ce qui a été constaté par Huckel (³). Au contraire, les corps smectiques possédant une répartition périodique des molécules, doivent agir sur les rayons X comme ferait un des systèmes de plans réticulaires parallèles d'un cristal. En particulier, une portion de matière smectique qui présente toutes les orientations possibles de ces surfaces parallèles, doit diffracter un faisceau monochromatique et donner sur une plaque normale au rayon direct un spectre formé d'anneaux concentriques.

Tel est le résultat que nous avons cherché à vérifier.

Il fallait, selon toute probabilité, employer des rayons de grande longueur d'onde : la formule chimique des corps smectiques comporte toujours une longue chaîne rectiligne, et tout amenait à considérer ces chaînes comme orientées parallèlement à l'axe optique, donc suivant la normale aux plans privilégiés; la distance entre points homologues de deux couches successives, la période, devait donc être au moins égale à la longueur de ces chaînes et considérable par rapport aux distances interatomiques.

Nous disposions même d'une mesure probable de cette période pour certains corps smectiques, les oléates : les mesures de Perrin et de Wells (⁴)

(¹) Nous emploierons dans cette Note, pour désigner les liquides anisotropes, les expressions proposées par G. FRIEDEL, *Ann. de Phys.*, novembre-décembre 1922.

(²) G. FRIEDEL, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 475.

(³) HUCKEL, *Phys. Zeitsch.*, t. 22, 1921, p. 561.

(⁴) P.-V. WELLS, *Annales de Physique*, p. 69.

sur des lames minces obtenues avec un mélange d'oléate de potasse, de glycérine et d'eau ont établi que ces lames sont formées de feuillets élémentaires identiques dont l'épaisseur est d'environ 42 à 44 Ångström. Il semble donc que l'eau de savon prenne, en lame mince, la structure smectique que possèdent, à l'état anhydre, les oléates et l'on peut prévoir que l'on obtiendra avec les oléates des anneaux de diffraction correspondant à une équidistance de l'ordre de 40 Å.

Nous avons adopté un tube à anticathode de cuivre, donnant dans les conditions d'emploi une radiation pratiquement monochromatique (raies K_α 1,541 et 1,537 Å.) et permettant encore de travailler à l'air libre.

Nos premiers essais ont porté sur les oléates d'ammonium, de sodium et de potassium. Divers clichés ont été obtenus, notamment avec l'oléate de sodium à froid. Ils comportent les résultats prévus.

On voit au centre un premier anneau, presque aussi noir que la tache centrale correspondant aux rayons directs, puis deux anneaux de diamètres double et triple du premier, d'intensité décroissante, et qui correspondent aux réflexions des deuxième et troisième ordres. Des anneaux de grands diamètres, moins visibles, correspondent à des diffractions entre atomes dans la molécule.

La mesure des diamètres des premiers anneaux, notamment celle du troisième qui a pu être faite à environ 2 pour 100 près, donne pour l'équidistance la valeur 43,5 Å., en bon accord avec les mesures de Wells.

Des résultats analogues ont été obtenus avec l'oléate de potasse et l'oléate d'ammonium.

Nous continuons nos recherches pour vérifier si les mêmes résultats s'observent avec les autres corps smectiques et chercher à établir, notamment en utilisant les anneaux de grands diamétres, la structure atomique de ces corps.

Conclusions. — 1° Les corps smectiques se composent bien, comme le prévoyait G. Friedel, de couches moléculaires équidistantes.

2° Les lames minces de savon sur lesquelles J. Perrin avait découvert sa loi des épaisseurs multiples ne sont pas des lames d'un corps amorphe, mais d'un corps smectique. Ceci est à retenir également dans l'extension aux liquides amorphes des propriétés capillaires découvertes sur les lames de savon.

3° Combinée avec les mesures de Wells, notre expérience constitue

sans doute la première mesure directe d'une longueur d'onde de rayons X à partir des longueurs d'onde optiques, sans intervention ni de la constante d'Avogadro, ni de la constante de Planck. Nos mesures, ni celles de Wells (qui dépendent de l'indice de réfraction attribué à la couche) ne sont encore assez précises pour donner autre chose qu'une vérification de l'ordre de grandeur des chiffres déjà admis.

4° On sait que la mesure directe par diffraction des longueurs d'onde des rayons X très mous était limitée par la possibilité d'obtenir des cristaux présentant des plans réticulaires à grande équidistance et suffisamment denses pour donner une diffraction notable. L'emploi des corps smectiques va peut-être permettre d'atteindre la mesure directe des longueurs d'onde les plus grandes (théoriquement, jusqu'à près de 80 Å. avec les oléates).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les limites d'absorption K de quelques éléments.* Note de M. J. **Cabrera**, présentée par M. G. Urbain.

Malgré le grand nombre de mesures qui ont été faites (¹) sur les limites d'absorption K des éléments chimiques, nous croyons qu'il y a quelque intérêt à donner une série de mesures systématiques dans la région des terres rares, où les données sont peu nombreuses; dans cet ordre d'idées nous avons fait une série assez complète, profitant de l'amabilité de M. Urbain, que nous remercions vivement pour les échantillons de terres rares qu'il a mis à notre disposition.

Nous avons employé pour les mesures le spectrographe à cristal tournant de M. de Broglie et sa méthode (²) en interposant entre le tube et le cristal un écran de plomb avec une fenêtre remplie de la substance à étudier. Comme source nous avons utilisé, soit un tube Coolidge à anticathode de tungstène, soit un tube à gaz à anticathode de platine, ce dernier principalement pour le thulium, dont la limite d'absorption K est très près de la

(¹) De Broglie, *Journ. de Physique*, 1916, p. 161, et *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 725. — Wagner, *Ann. der Phys.*, mars 1915. — Blacke et Duane, *Phys. Rev.*, 1917, II, p. 98 et 698. — Duane et Kang Fu-Hu, *Phys. Rev.*, 1918, I, p. 488, et 1919, II, p. 523. — Siegbahn et Jönsson, *Phys. Zeitsch.*, 1919, p. 251. — Fricke, *Phys. Rev.*, 1920, II, p. 202. — Duane et Stenström, *Nat. Acad. Proc.*, 1920, p. 477. — Duane, Fricke et Stenström, *Nat. Acad. Proc.*, 1920, p. 607. — M. de Broglie et J. Cabrera, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 433.

(²) De Broglie, *Journ. de Physique*, 1916, p. 161.

raie K_{α_1} du tungstène; dans tous les cas l'anticathode était de profil. La distance cristal-plaque, qui doit être sensiblement égale à la distance anticathode-cristal, laquelle était de 500^{mm} environ, a été calculée à partir des mesures faites en premier et deuxième ordre sur les raies de la série K du tungstène et du platine en prenant comme longueurs d'onde les données de MM. Duane et Stenström [1] et de M. de Broglie [2], calcul qui a conduit à des résultats très concordants.

Outre les mesures faites avec la série des terres rares, nous avons mesuré la limite d'absorption pour le tantale, au moyen du tube de platine fonctionnant à un potentiel de 72 kilovolts environ, de manière à exciter un spectre continu dans la région nécessaire, mais sans obtenir les raies K de l'anticathode, ce qui a donné un bon résultat.

Le Tableau ci-dessous résume les valeurs obtenues pour les longueurs d'onde, en employant comme constante réticulaire :

$$d = 2,814 \times 10^{-8} \text{ cm.}$$

Élément.	Z.	λ en U.X.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
La	57	318,6	53,48
Ce	58	306,5	54,53
Pr	59	295,1	55,56
Nd	60	284,6	56,58
Sm	62	264,4	58,71
Eu	63	254,8	59,81
Gd	64	246,2	60,84
Tb	65	237,6	61,93
Dy	66	230,1	62,93
Ho	67	221,8	64,09
Er	68	215,8	64,99
Tu	69	208,5	66,11
Yb	70	201,6	67,23
Lu	71	195,1	68,34
Ct	72	190,1	69,23
Ta	73	183,6	70,45

Comme le montre les nombres de la dernière colonne, les valeurs de $\sqrt{\frac{\nu}{R}}$ s'éloignent de la simple relation linéaire à mesure que l'on s'avance dans la série des nombres atomiques.

---

(1) *Phys. Rev.*, I, 1920, p. 329.

(2) M. de Broglie, *Conférence-Rapport sur les rayons X*, p. 90.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Photolyse de l'acide tartrique et des acides-alcools.* Note de M. Volmar, présentée par M. Daniel Berthelot.

La photolyse de l'acide tartrique, signalée par MM. D. Berthelot et Gaudechon ([1]), a été invoquée par Bolin et Linder ([2]), puis par Benrath et Oberbach ([3]) pour expliquer l'altération à la lumière du réactif cupropotassique, toujours accompagnée d'un dégagement d'hydrogène que Benrath attribue à une action catalytique du cuivre réduit sur les produits de décomposition de l'acide tartrique. Ayant constaté nous-même ([4]) que ce dégagement gazeux se produit aussi bien en l'absence de cuivre, dans des solutions alcalines de sel de Seignette (liqueur de Fehling II de G. Bertrand) que dans la liqueur de Fehling elle-même, nous avons pensé qu'on pouvait l'expliquer, ainsi que la formation de substances réductrices qui prennent naissance au cours de la réaction par les lois de la photolyse, et dans ce but, nous avons étudié l'action des radiations de courte longueur d'onde ($\lambda = 0,2$) sur des solutions d'acide tartrique et de divers acides-alcools.

I. *Action des radiations ultraviolettes sur l'acide tartrique.* — 25^{cm^3} de solution aqueuse d'acide tartrique à 1 pour 100 ont été exposés pendant 3 heures aux radiations émises par une lampe Westinghouse, type Silica 110 volts, marchant sous le courant continu, sous un régime peu poussé (3 ampères).

1° Le mélange gazeux recueilli ($V = 3^{cm^3},5$) avait, comme composition moyenne, déduite de plusieurs analyses :

	Pour 100.
CO^2	66
CO	10
H	21
Carbure	3

2° La solution limpide et incolore présentait une odeur forte d'aldéhyde et des propriétés nettement réductrices. Par distillation fractionnée, nous avons séparé la totalité des produits volatils et entraînables. Le distillat obtenu réduisait à chaud la liqueur de Fehling, le nitrate d'argent ammoniacal et le sous-nitrate de bismuth en milieu alcalin ; il colorait en violet le

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 262.
([2]) *Z. für Physik Ch.*, t. 93, p. 721.
([3]) *Z. für Physik Ch.*, t. 98, p. 498.
([4]) *Bull. Soc. ch.*, 7e série, t. 31, p. 846.

bisulfite de rosaniline et donnait les réactions colorées des premiers termes de la série aldéhydique (formol, acétaldéhyde).

Le résidu indistillable, inentraînable par la vapeur d'eau, inépuisable par les réactifs organiques, privé d'acide tartrique par défécation, présentait des propriétés fortement réductrices : il recolorait le bisulfite de rosaniline, donnait avec le phénol et les naphtols les réactions colorées que Denigès préconise pour reconnaître la présence de petites quantités d'alcools-aldéhydes et d'hexoses; avec le molybdate d'ammonium chlorhydrique, la coloration bleue caractéristique des sucres, avec l'acétate de phénylhydrazine, nous avons obtenu une coloration jaune d'or, mais aucune osazone n'a cristallisé par refroidissement.

Ces réactions semblent indiquer la formation, au cours de la photolyse de l'acide tartrique, de petites quantités d'une substance voisine des hexoses, par condensation de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène provenant de la photolyse de la fonction alcool.

II. *Action des radiations ultraviolettes sur les tartrates.* — Le dégagement gazeux est moins abondant que dans le cas de l'acide tartrique, et le gaz recueilli ne renferme pas d'anhydrique carbonique, la fonction alcool se photolysant seule. Les bitartrates, renfermant un carboxyle non salifié, sont plus fortement photolysés que les tartrates neutres; par contre, la présence d'un excès d'alcali (liqueur de Fehling) favorise la décomposition, l'oxyde de carbone peut dans ce cas être entièrement transformé en formol et produits de condensation, le gaz recueilli ne renferme plus alors que de l'hydrogène et des carbures, ainsi que l'ont signalé Benrath et Oberlach (*loc. cit.*).

III. *Action des radiations ultraviolettes sur les homologues de l'acide tartrique.* — Nous avons exposé aux radiations émises par une lampe à vapeur de mercure, comparativement à l'acide tartrique, des solutions aqueuses de même concentration (1 pour 100) d'acides lactique, citrique, malique. La photolyse s'est produite dans tous les cas avec dégagement gazeux et formation de substances réductrices fixes, voisins des hexoses; elle est accélérée par la présence de catalyseurs lumineux (acétate d'uranyle). Le mélange gazeux recueilli, d'un volume plus considérable dans le cas de l'acide tartrique que dans celui de ses homologues, renfermait toujours de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, ce dernier gaz en proportion sensiblement double de celle de l'oxyde de carbone, résultats conformes à ceux signalés par MM. D. Berthelot et Gaudechon.

En résumé, sous l'influence des radiations ultraviolettes, et même de la lumière solaire, mais dans une proportion bien plus faible, les acides-alcools

et leurs sels sont décomposés conformément aux lois générales de la photolyse; en milieu très alcalin, l'oxyde de carbone peut disparaître entièrement par condensation avec une partie de l'hydrogène et formation de substances réductrices voisines des sucres.

Cette photolyse est à rapprocher des phénomènes observés au cours de la maturation des fruits; la disparition progressive d'une partie des acides-alcools (tartrique, malique) contenus dans les fruits verts et leur enrichissement en sucres réducteurs ne seraient-ils pas explicables par un processus photochimique ?

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets du vératrol et de la vanilline.* Note [1] de M. **Pierre Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

Les spectres d'absorption ultraviolets du vératrol et de la vanilline sont de nouveaux exemples montrant l'influence de l'introduction successive de groupes atomiques divers dans les molécules des dérivés du benzène sur leurs propriétés absorbantes.

L'étude des spectres ultraviolets du phénol et des diphénols en solution hexanique a été faite en détail par M. Klingstedt [2]. Il a montré que la substitution d'un H du benzène par un OH réduisait le nombre du premier groupe des bandes d'absorption du benzène de 8 à 3, déplaçait tout le spectre vers le rouge de 85 Å et décuplait l'intensité de l'absorption; que, par l'introduction d'un second groupe OH en position « ortho » dans la molécule de phénol (pyrocatéchine), le spectre du phénol n'était pas modifié dans son allure générale, mais seulement décalé vers le rouge de 60 Å sans augmentation de l'intensité de l'absorption.

Nous avons calculé les courbes d'absorption quantitatives du vératrol, dérivé diméthylé de la pyrocatéchine, et de la vanilline, l'éther méthylé de la dioxybenzaldéhyde.

La figure ci-contre représente les courbes d'absorption : 1° du benzène (empruntée à V. Henri, *Journal de Physique*, juin 1922); 2° du vératrol et 3° de la vanilline en solutions hexaniques, et 4° de l'aldéhyde benzoïque en solution alcoolique (empruntée à V. Henri, *Études de Photochimie*, Paris, 1919). En abscisses sont portées les fréquences, en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε définis par $J = J^{\circ}.10^{-\varepsilon cd}$.

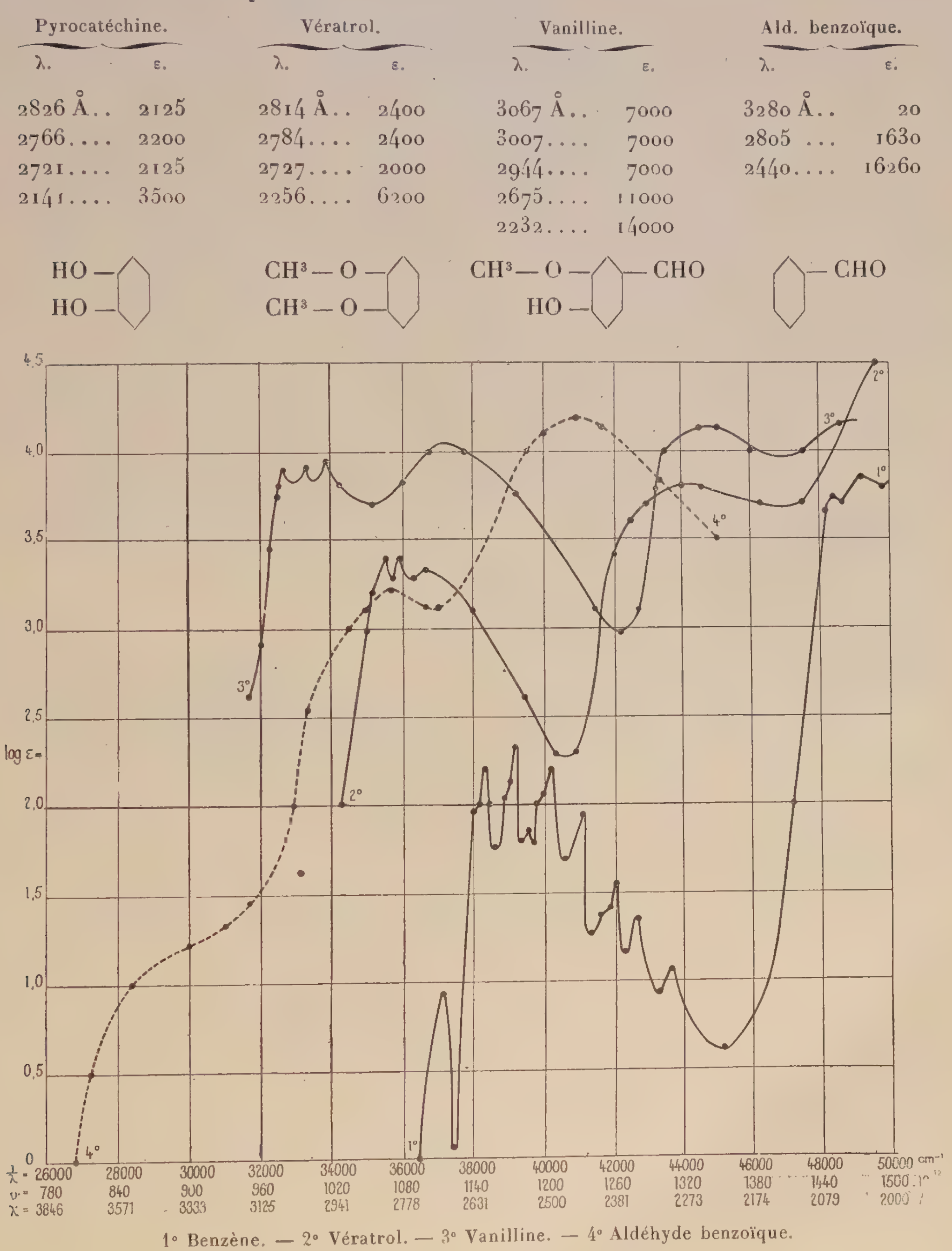
---

(1) Séance du 5 mars 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 812, et t. 175, 1922, p. 365.

Le Tableau suivant donne les positions des bandes d'absorption et leurs coefficients d'absorption de :

Pyrocatéchine.		Vératrol.		Vanilline.		Ald. benzoïque.	
λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.
2826 Å..	2125	2814 Å..	2400	3067 Å..	7000	3280 Å..	20
2766....	2200	2784....	2400	3007....	7000	2805 ...	1630
2721....	2125	2727....	2000	2944....	7000	2440....	16260
2141....	3500	2256....	6200	2675....	11000		
				2232....	14000		



1° Benzène. — 2° Vératrol. — 3° Vanilline. — 4° Aldéhyde benzoïque.

La courbe d'absorption du *vératrol* est très semblable à celle de la pyrocatéchine. Elle présente aussi un groupe de trois bandes étroites assez floues dans l'ultra-violet moyen aux environs de 2800 Å, la troisième bande nettement moins prononcée que les deux autres; puis une quatrième bande plus intense et large dans l'ultra-violet extrême. La comparaison des chiffres du Tableau ci-dessus montre que les différences de position des trois premières bandes sont minimes et que leurs coefficients d'absorption sont du même ordre de grandeur. La quatrième bande est décalée d'environ 100 Å vers le rouge par rapport à celle de la pyrocatéchine et son intensité est environ deux fois plus forte. Le fait important qui ressort de cette comparaison est le peu d'influence excercé sur l'absorption par l'introduction de deux groupes méthyl dans la molécule de pyrocatéchine.

La courbe de la *vanilline* doit être comparée d'une part à celle de la pyrocatéchine et du vératrol, d'autre part à celle de l'aldéhyde benzoïque. On retrouve dans la vanilline le groupe des trois premières bandes étroites et floues de la pyrocatéchine et du vératrol, mais décalées vers le rouge d'environ 200 Å en même temps que l'intensité de l'absorption est triplée; on retrouve aussi la bande large dans l'ultra-violet extrême, déplacée légèrement vers les petites longueurs d'onde et avec un coefficient d'absorption double. On trouve de plus une nouvelle bande large dans l'ultra-violet moyen qui doit être attribuée à l'action du groupe aldéhyde. Par rapport à cette nouvelle bande, l'aldéhyde benzoïque possède dans cette région spectrale deux bandes, une du côté des grandes et l'autre du côté des petites longueurs d'onde. Il n'est pas encore possible de déterminer avec sûreté à laquelle des deux correspond celle de la vanilline.

SPECTROSCOPIE. — *Loi de distribution des bandes dans le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de toluène.* Note de MM. **Victor Henri** et **E. Walter**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous a montré [1] que le spectre d'absorption de la vapeur de benzène se compose de plusieurs centaines de bandes qui sont distribuées d'après la loi établie théoriquement pour les molécules biatomiques

$$\frac{1}{\lambda} = A + n.a - p.b - \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}J}[m^2 - (m+1)^2]$$

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 809; et *Journal de Physique et le Radium*, juin 1922.

où A correspond aux sauts électroniques, a et b aux vibrations des atomes, $\mathfrak{J}$ est le moment d'inertie de rotation de la molécule, n, p et m sont des nombres entiers.

Le spectre d'absorption de la vapeur de toluène se compose d'un grand nombre de bandes étroites, dont nous avons mesuré plus de 200. Elles sont distribuées entre $\lambda = 2731$ et 2325, présentent des bords nets du côté ultraviolet et sont dégradées vers le rouge. Celles comprises entre 2731 et 2500 sont fines et nettes, elles peuvent être mesurées avec une précision de 0,1 à 0,2 Å.; quelques-unes de ces bandes présentent une structure fine, elles se résolvent en lignes équidistantes à des intervalles égaux environ à 0,2 Å. Au delà de 2500 les bandes sont à bords flous, elles s'élargissent de plus en plus, les groupes se fusionnent et la largeur de ces groupes atteint 4 à 5 Å. L'aspect général du spectre de bande du toluène est beaucoup plus compliqué que celui du benzène.

Nous avons réussi à trouver la loi de distribution des bandes du toluène qui comprend absolument toutes les bandes observées; cette loi correspond à la formule

$$\frac{1}{\lambda} = A + n.a + p.b - q.c - \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}.\mathfrak{J}}(1 \pm 2m),$$

les valeurs des constantes sont

$$A = 37493,2; \quad a = 932,5; \quad b = 263,6; \quad c = 180 \quad \text{et} \quad \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}.\mathfrak{J}} = 1,3;$$

$$n = -1, 0, 1, 2, 3, 4;$$
$$p = -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6;$$
$$q = 0, 1, 2, 3 \quad \text{et} \quad m = 0 \text{ à } 6.$$

L'intensité des bandes a été mesurée en déterminant la tension de vapeur minimum à laquelle apparaît chaque bande.

La bande la plus intense correspond à $n = 0$, $p = 0$, $q = 0$; puis suivent $n = 0$, $p = 0$, $q = 1$; $n = 1$, $p = 0$, $q = 0$; $n = 0$, $p = 2$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 1$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 2$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 0$, $q = 1$, etc.; l'intensité diminue à mesure que les valeurs de n, p et q augmentent.

La concordance entre les valeurs calculées et observées est très satisfaisante, ainsi que le montre le Tableau suivant qui contient les premiers termes des différentes séries de bandes :

	$q=0$.		$q=1$.		$q=2$.	
$n=0$.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.
$p=-2$......	36 966	36 968	36 786	37 790	36 606	36 606
$p=-1$......	37 230	37 227	37 049	37 045	36 870	36 866
0......	37 493	37 493	37 313	37 313	37 133	37 136
+1......	37 757	—	37 577	37 580	37 397	37 403
+2......	38 020	38 021	37 840	37 843	37 660	37 665
$n=1$.						
$p=-1$......	38 162	38 164	37 982	37 982	37 802	37 801
0......	38 426	38 426	38 246	38 246	38 066	38 071
+1......	38 689	38 690	38 509	38 505	38 329	—
$n=2$.						
$p=0$........	39 358	38 356	39 178	39 182	38 998	39 000
$n=3$.						
$p=0$........	40 291	40 290	40 111	40 111	39 931	—

L'énergie interne d'une molécule est égale à la somme de trois termes : électronique W_e, atomique W_a et moléculaire de rotation W_m. Pour les molécules compliquées, la part due aux vibrations des atomes peut être décomposée en une somme de plusieurs termes qui correspondent aux différents groupes d'atomes qui vibrent conformément à la loi des quanta; on a donc

$$W_a = \varphi(a, b, c, \ldots);$$

en première approximation, cette fonction est linéaire. Dans le cas du benzène, deux fréquences interviennent : $a = 921,4$ et $b = 159$. Pour le toluène, nous trouvons trois fréquences fondamentales : $a = 932,5$; $b = 263,6$ et $c = 180$.

L'absorption d'un quantum $\frac{h.3.10^{10}}{\lambda}$ correspondant au passage de la molécule de l'état I à l'état II, on obtient la loi de distribution des bandes du toluène :

$$\frac{h.3.10^{10}}{\lambda} = W''_e - W' + [(n''-n')a + (p''-p')b + (q''-q')c].h.3.10^{10} - \frac{h^2}{8.\pi^2}\left[\frac{1}{\mathfrak{J}'} \pm \frac{2.m}{\mathfrak{J}'} - m^2\left(\frac{1}{\mathfrak{J}''} - \frac{1}{\mathfrak{J}'}\right)\right].$$

La structure fine mesurée pour quelques bandes montre qu'il n'y a pas de terme en m^2, donc $\mathfrak{J}'' = \mathfrak{J}'$.

Le moment d'inertie de la molécule de toluène déduit de la structure fine est égal à $\mathfrak{J} = 21.10^{-40}$; l'un de nous avait trouvé pour le benzène $14,5.10^{-40}$. Ces valeurs permettent de construire un modèle spacial de la molécule de toluène.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque et des trois acides oxybenzoïques.* Note de MM. **Armand Castille** et **F.-W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons mesuré par la méthode de Victor Henri les coefficients d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque en solution hexanique et des trois acides oxybenzoïques en solution dans l'hexane + 10 pour 100 d'éther (à cause de l'insolubilité dans l'hexane pure).

Résultats. — 1° L'introduction dans le noyau du benzène d'un groupement COOH provoque : un décalage du spectre vers le rouge de 230 Å environ, une augmentation du coefficient d'absorption environ de quatre fois et un élargissement des bandes du benzène. Le spectre d'absorption de l'acide benzoïque présente, en effet, dans une première région trois bandes assez étroites, qui sont A : $\lambda = 2831$, $\varepsilon = 860$; B — 2760, $\varepsilon = 860$ et C — 2735, $\varepsilon = 700$, et bien plus loin vers l'ultraviolet une forte bande large pour $\lambda = 2310$, $\varepsilon = 5000$; il existe probablement encore une bande très forte de $\varepsilon > 20\,000$ dans l'ultraviolet extrême pour $\lambda < 1935$.

2° L'introduction d'un OH dans le noyau de l'acide benzoïque en positions *ortho* ou *méta* provoque une forte augmentation de l'absorption, un décalage intense du spectre vers le rouge, et un élargissement des bandes étroites.

3° Les deux dérivés *ortho* et *méta* présentent presque le même spectre, ainsi qu'on le voit sur la figure (courbes 2° et 3°) et d'après le Tableau suivant :

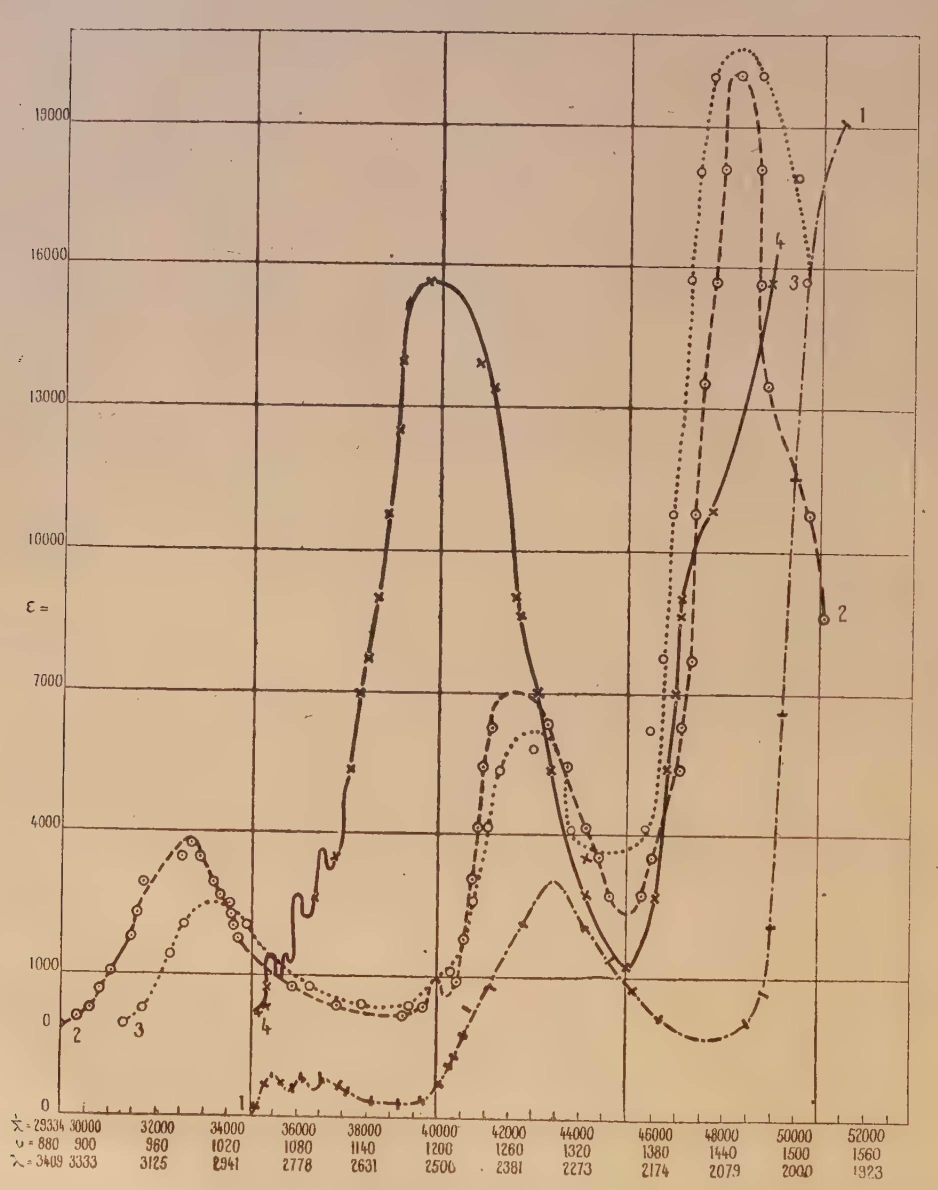
	1re bande.		2e bande.		3e bande.	
	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.
Ac. *o*-oxybenz......	3027	3800	2367	7000	2070	20770
Ac. *m*-oxybenz......	2860	2500	2300	5800	2050	20500

4° Le dérivé *para* se distingue profondément des deux précédents (courbes 4°) : il possède cinq bandes étroites entre 2828 et 2671 ; puis une bande large et très intense pour $\lambda = 2519$, $\varepsilon = 15730$; enfin une inflexion vers $\lambda = 2100$ montrant l'existence d'une bande dans cette région, cette bande est fusionnée avec une bande large dans l'ultraviolet extrême au delà de 1935. Les positions des bandes sont indiquées dans le Tableau suivant :

Ac. *p*-oxybenz..	λ = 2828	2790	2762	2731	2671	2519	2100
	ε = 1400	1400	2700	3500	5200	15730	12000

Ces résultats sont, en tous points, comparables à ceux obtenus précé-

demment par l'un de nous pour toute une série de dérivés *o*, *m* et *p* du benzène.



1, acide benzoïque; 2, acide *ortho*-oxybenzoïque; 3, acide *méta*-oxybenzoïque; 4, acide *para*-oxybenzoïque.

Nous donnons sur la figure les courbes d'absorption de l'acide benzoïque (1°) et des trois dérivés *o*, *m*, *p*; la courbe de l'acide benzoïque a été tracée un peu au-dessous des trois autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais.* Note de M. M. Bourguel, présentée par M. Haller.

Les carbures acétyléniques vrais se prêtent à de si nombreuses synthèses que l'on regrette souvent de ne pouvoir les obtenir facilement. Leur préparation est en effet malaisée dès que l'on veut les obtenir en quantités un peu importantes.

On emploie en général l'action de la potasse ou de la soude sur les dérivés halogénés des carbures saturés ou éthyléniques. Que l'on emploie la potasse alcoolique ou en morceaux, l'opération est souvent longue et pénible; les rendements sont mauvais : d'abord parce que sous l'action de la chauffe prolongée le carbure acétylénique se polymérise et surtout parce que, dès qu'un carbure substitué est possible, on obtient le mélange des deux isomères. Il arrive même qu'il y ait peu ou pas du tout (cas du phénylpropine) de carbure vrai. Dans tous les cas la séparation au moyen du dérivé cuivreux en perd beaucoup.

La soude isomérise dans le sens du carbure substitué; le sodium en sens inverse. L'amidure de sodium est proche parent du sodium puisqu'il donne des dérivés sodés avec les acétyléniques (*Picon Bl.*, 29, 1921, p. 709). On pouvait espérer que s'il attaquait les dérivés halogénés, il n'aurait pas l'influence néfaste de la soude.

J'ai essayé l'action de l'amidure de sodium sur différents bromures : L'expérience a montré qu'il enlevait régulièrement et facilement l'acide bromhydrique avec dégagement d'ammoniaque suivant l'équation

$$NH^2Na + HBr = NH^3 + NaBr,$$

par exemple

$$C^3H^7-CBr=CH^2 + NH^2Na = C^3H^7-C\equiv CH + NH^3 + NaBr,$$

et qu'il peut donner le carbure avec de bons rendements.

Dans tous les cas étudiés, le mode opératoire a été le même : on fait tomber, par une ampoule à brome, le bromure dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et contenant l'amidure de sodium bien pulvérisé en suspension dans le benzène, le toluène ou le xylène. On recueille l'ammoniaque pour dosage. La réaction part seule à froid dès qu'une certaine quantité de bromure est tombée, elle s'emballe même dans le cas des dibromures, aussi vaut-il mieux chauffer le ballon dès le début vers 100 degrés; la réaction est plus régulière. On augmente progressivement la température

jusqu'à ébullition du solvant. Le dégagement d'ammoniaque montre qu'au bout d'une heure la majeure partie du bromure est transformée et qu'au bout de 2 heures et demie la réaction est terminée.

Tantôt le dégagement d'ammoniaque correspond, avec un petit déficit, au nombre d'atomes de brome : 2^{mol} pour un dibromure par exemple, et alors le liquide du ballon contient l'acétylénique à l'état libre. Tantôt, au contraire, le dégagement d'ammoniaque est supérieur : il s'est fait le dérivé sodé, le liquide du ballon ne précipite plus le chlorure cuivreux ammoniacal : fait qui correspond aux observations de M. Picon.

Il est nécessaire que l'amidure soit très bien pulvérisé, sinon l'attaque n'ayant lieu que par la surface des grains, la réaction devient très lente, l'acétylénique formé se polymérise, le rendement diminue.

La soude que contient toujours l'amidure est gênante, du moins si ce dernier n'est pas très bien pulvérisé ; quoiqu'elle agisse bien plus lentement (ainsi que j'ai pu le vérifier), comme elle est à la surface des grains, son action devient prépondérante : il apparaît de l'eau suivant la formule

$$NaOH + HBr = NaBr + H^2O.$$

L'eau attaque les grains et, si l'action continue, c'est par l'intermédiaire de la soude ; ce qu'il s'agissait d'éviter. J'ai pu vérifier qu'avec un excès d'amidure (2 à 3 fois la quantité théorique) très bien pulvérisé, l'influence de la soude était nulle.

J'ai préparé ainsi :

L'éther-méthyl-propargylique $CH^3 - O - CH^2 - C \equiv CH$ à partir du dibromure $CH^3 - O - CH^2 - CHBr - CH^2Br$. 550^g ont donné 101^g de carbure pur bouillant à 63°, soit un rendement de 61 pour 100.

L'amidure employé n'était pas assez fin : avec un échantillon mieux préparé, le rendement s'est élevé à 81 pour 100 dans le cas de l'éther éthyl-propargylique $C^2H^5 - O - CH^2C \equiv CH$ à partir du dibromure correspondant, il en a été obtenu 155^g passant à 79°,5-80°.

Dans ces deux cas, au bout de 2 heures et demie, la réaction est terminée ; il suffit de distiller directement le contenu du ballon avec une bonne colonne pour avoir le produit très pur.

Le phénylacétylène a été obtenu à partir du dibromo de styrolène avec un rendement qui oscillait autour de 70 pour 100 d'un produit qui bouillait à 140°,5-141°. C'est exactement le point d'ébullition du phénylacétylène régénéré de sa combinaison cuprique. Par la potasse on obtient 40 à 50 pour 100 d'un produit qui passe de 143° à 145° (Desgrez) ; de 141° à 146° (Moureu).

Il se fait ici le dérivé sodé. En effet, quand la réaction est terminée, le liquide du ballon ne précipite pas les réactifs des acétyléniques. Il faut détruire le produit sodé et l'amidure en excès par la glace, puis aciduler.

Comme on a l'acétylénique à l'état sodé, on peut, quand la réaction est terminée, décanter le liquide du ballon, laver plusieurs fois à l'éther anhydre; en opérant ainsi on élimine en particulier l'éthylbenzène qui reste dans le dibromostyrolène si ce dernier a été employé brut. Cette remarque m'a permis de préparer à l'état pur le pentine normal $C^3H^7—C\equiv CH$ et le phénylpropine $C^6H^5—CH^2-C\equiv CH$.

Au lieu de chercher à avoir un amidure exempt de sodium, j'ai, au contraire, fait agir un grand excès (environ trois fois la quantité théorique) de ce réactif sur le bromure $C^3H^7-CBr=CH^2$, bromure facile à obtenir en quantités un peu importantes. Un mélange réfrigérant énergique arrêtait la majeure partie de ce que l'ammoniaque pouvait emmener.

La réaction terminée, il n'y a pas d'acétylénique libre dans le ballon; on distille directement, on recueille quelques gouttes avant 135° (xylène); il s'est donc fait très peu de l'isomère $C^2H^5—C\equiv C-CH^3$ (E=55-56°). En tout cas il est éliminé. On détruit par la glace, on acidule et on a le pentine vrai avec un rendement de 38 pour 100 passant de 39°,6 à 40°. C'est bien le point d'ébullition trouvé par M. Picon et par M. Lespieau.

Pour le phénylpropine j'ai agi de la même façon sur le bromure $C^5H^5—CH^2-CBr=CH^2$. Ici le dégagement d'ammoniaque montre que l'amidure contribue à la formation du dérivé sodé. Après la réaction on décante le liquide, on lave par décantation à l'éther anhydre. Ces liquides distillés ne donnent que peu ou pas l'isomère $C^6H^5—C\equiv C—CH^3$ que M. Lespieau a trouvé passant à 76° sous 16^{mm}.

On obtient avec un rendement de 35 pour 100 un produit passant de 69°,5 à 70° sous 18^{mm} et de 59°,5 à 60° sous 9^{mm}; c'est bien le carbure découvert par M. Lespieau, qui a indiqué 71° sous 20^{mm}. Il est à remarquer que par la potasse on obtient uniquement le carbure substitué.

L'intérêt de l'emploi de l'amidure de sodium à la place de la soude ou de la potasse est, on le voit, de fournir peu ou pas d'isomérisation et de polymérisation, de donner de bons rendements, et surtout de donner l'acétylénique vrai pur, grâce à la formation automatique du dérivé sodé. Enfin le mode opératoire est commode, la réaction est courte.

Je compte étudier l'action de l'amidure sur des chlorures dérivés des cétones et des aldéhydes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dinitrile β oxyglutarique* $CN.CH^2.CHOH.CH^2.CN$. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

Plusieurs tentatives ont été faites en vue d'obtenir le dinitrile de l'acide β oxyglutarique. La première fut celle de Simpson, qui fit agir le cyanure de potassium sur la dichlorhydrine symétrique de la glycérine. Mais, s'il se fit le nitrile attendu, Simpson ne réussit pas à l'isoler (1). Il admit néanmoins sa formation parce qu'après avoir attaqué le produit brut de la réaction par la potasse il parvint, assez péniblement d'ailleurs, à en tirer un sel d'argent qui répondit à la formule $C^5H^6O^5Ag^2$. Mais ce qui ôte pas mal de poids à cet argument, c'est que le sel en question donne par l'acide sulfhydrique un acide dont les analyses ne s'accordent pas avec la formule $C^5H^8O^5$, et qui fond à 135°, alors que l'acide β oxyglutarique fond à 95°.

Otto Morgensen et Ernst Zerner reprirent la réaction de Simpson, mais en présence d'alcool. Après filtration et concentration du produit obtenu ils se trouvèrent en présence d'un magma solide noir, amorphe, très hygroscopique, qu'ils n'analysèrent point, mais qualifièrent arbitrairement du nom de nitrile, admettant cependant qu'ils pouvaient avoir affaire à un produit de polymérisation du corps attendu (2). Ce magma ne distilla pas, même sous pression réduite.

On en put tirer cependant un sel de cuivre offrant le même pourcentage de métal que le glutaconate de cuivre. Ceci parut confirmer une suggestion émise par von Pechmann et K. Jenisch; Simpson aurait obtenu non l'acide β oxyglutarique, mais son produit de déshydratation, l'acide glutaconique qui fond vers 134°. Cette hypothèse est en contradiction avec les analyses de Simpson, et de plus elle exigerait que le départ d'eau ait lieu lors du traitement du sel d'argent par l'hydrogène sulfuré, ce qui est peu vraisemblable.

Reprenant moi-même la réaction en question j'ai pu arriver à un acide fondant à 133°, et dont l'analyse s'accorde bien avec la formule de l'acide glutaconique, mais on n'en obtient que très peu, et il se fait en même temps beaucoup d'autres choses.

Jusqu'ici il n'a donc pas été possible d'arriver au nitrile β oxyglutarique par la voie qu'a indiquée Simpson. J'ai pensé que l'on serait peut-être plus

(1) *Lieb. Ann.*, t. 133, p. 78.

(2) *Monatsh.*, t. 31, p. 777.

heureux si l'on scindait l'opération en deux : on ferait d'abord le nitrile $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CN$, que l'on attaquerait ensuite par le cyanure de potassium. J'ai indiqué précédemment (1) comment on pouvait obtenir ce nitrile, restait à effectuer la seconde partie de l'opération.

A cet effet, dans le nitrile chloré porté au préalable à 60°, on fait tomber par petites portions une solution saturée à 40° de cyanure de potassium dans l'eau. A chaque addition la température du nitrile baisse un peu, mais elle remonte d'elle-même ; on s'arrange de façon qu'elle ne dépasse pas 70° en plongeant momentanément, quand il y a lieu, dans de l'eau froide, le ballon où se trouvent les matières réagissantes. L'addition de cyanure terminée on abandonne le tout pendant une nuit, puis on filtre pour éliminer le chlorure de potassium qui s'est précipité. On concentre alors à 100° sous 10^{mm} pour faire partir l'eau et, comme une nouvelle précipitation de sel a eu lieu après ce départ, on filtre à nouveau. Cette fois le filtrat ne renferme plus sensiblement de potassium, on le soumet à la distillation sous 11^{mm} en chauffant au bain d'huile. On recueille d'abord du nitrile chloré inattaqué (jusque vers 140°), puis la température monte très rapidement à 202° et s'y maintient tant qu'il passe quelque chose. Il reste dans le ballon un résidu abondant, noir, brillant, très difficile à brûler renfermant de l'azote, du carbone, mais pas de potassium.

Le liquide passant de 202° à 203° sous 11^{mm} est constitué par le nitrile cherché,

$$CN.CH^2.CHOH.CH^2.CN$$

coloré en jaune clair par une trace d'impureté. C'est un corps visqueux ayant à 22° pour densité 1,808 et pour indice 1,4805 (raie D); ces nombres impliquent une réfraction moléculaire égale à 26,48, le nombre théorique étant 26,44. L'étude cryoscopique de ce corps en solution acétique a donné des poids moléculaires croissant avec la concentration, 117 pour un abaissement de 0°,53 et 123 pour 1°,08; on déduit de là 110 pour une solution indéfiniment étendue, et c'est le nombre théorique. En analysant ce dinitrile on y a trouvé pour 100 : C 54,59; H 5,44; N 25,76, au lieu de 54,54; 5,45; 25,45.

En saturant ce nitrile d'acide bromhydrique gazeux on obtient une masse cristalline, qui, après séjour sur une assiette poreuse, fond à 230°. Si à la solution de ce dernier corps dans l'eau on ajoute du carbonate de potassium on voit se dégager du gaz carbonique et se précipiter des cristaux. On

(1) *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 965.

purifie ceux-ci en les redissolvant dans l'eau bouillante; par refroidissement ils se déposent sous forme de longues aiguilles brillantes, cassantes, fondant à 87°-88°. Elles sont constituées par le dinitrile-β-bromoglutarique

$$CN.CH^2.CHBr.CH^2.CN.$$

Une cryoscopie acétique indique en effet, pour un abaissement de 0°,43, un poids moléculaire égal à 173, ce qui est le nombre voulu, et l'analyse décèle pour 100 : C 34,61; H 2,97; Br 46,44, la théorie voulant 34,68; 2,89; 46,24. Par dissolution de ce corps dans l'acide bromhydrique, puis évaporation au bain-marie, on retrouve les cristaux fondant à 230°. Le dosage de brome dans ceux-ci apprend qu'ils sont formés par un monobromhydrate $CN.CH^2.CHBr.CH^2.CN.HBr$, car on y trouve 62,16 pour 100 de brome.

GÉOLOGIE. — *Sur la circulation souterraine en terrains fissurés.* Note de M. P. Diénert.

Dans nos précédentes Notes [1] nous avons montré quelques particularités de la circulation souterraine en terrains calcaires dans la région de la Vanne.

La région calcaire de l'Avre se présente un peu différemment de celle de la Vanne. Les sources de Verneuil et de la Vigne viennent affleurer à la base de vallées plus ou moins parallèles, dirigées dans le sens du pendage des couches. Il était à prévoir, et c'est ce que les expériences faites avec la fluorescéine ont vérifié, que la circulation souterraine se fait à peu près parallèlement à ces vallées. Ainsi les eaux engouffrées dans la vallée d'Avre viennent ressortir aux sources de Verneuil, celles absorbées dans la vallée du Buternay débouchent dans les sources de Blavon, enfin les eaux perdues dans la vallée de Monvilliers viennent réapparaître aux sources de Rivière et de Launay, toutes émergences situées à la base des vallées qui les alimentent.

Que l'on s'adresse aux régions des terrains jurassiques (sources de Châtillon-sur-Seine, source de Reigny, dans la vallée de la Cure, etc.) ou des terrains tertiaires (source de la Dhuys), on retrouve toujours cette particularité qu'il existe une circulation souterraine dans chaque vallée dirigée suivant le pendage des couches géologiques.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 125 et 454.

Ceci semble très général et il serait intéressant de le vérifier dans de nombreuses autres régions.

Nous avons signalé dans la région de la Vanne des captures d'eau souterraine d'une vallée par une autre vallée. Il en existe également dans la région de l'Avre régies par le drainage exercé par les émergences affleurant aux cotes d'altitude les plus basses. C'est ainsi que les sources de la Vigne drainent une partie des eaux de la vallée de l'Avre, qui échappent ainsi aux sources de Verneuil parce qu'elles affleurent à 1^m au moins au-dessous de ces dernières.

Quand dans une région il ne peut y avoir de vallées dirigées suivant le pendage, aucun indice extérieur, sauf la position des grandes sources, n'indique le sens de la circulation souterraine. Prenons, comme exemple, la région de la rive gauche de l'Yonne, au-dessous de Cravant, dans laquelle des expériences à la fluorescéine ont été faites tant par M. Le Couppey que par nous-même. Elle est constituée par les calcaires du Séquanien et du Rauracien entrecoupés de quelques failles dirigées sensiblement du Sud au Nord. La circulation souterraine peut se résumer ainsi qu'il suit :

Quand, à la base de plusieurs vallées convergentes, se trouvent des émergences importantes, celles-ci drainent les eaux de ces vallées, comme par exemple les sources de Druyes-les-Belles-Fontaines. Toutefois la partie amont de la vallée de Champeaux n'alimente pas ces sources. Elle est capturée par les sources de Crisenne, situées dans une direction perpendiculaire à la vallée, à 15^{km} de là, dans la vallée de l'Yonne.

Si, à la base des grandes vallées, on ne rencontre que des sources de débit très inférieur à celui que ferait espérer l'étendue du vallonnement (vallées de Courson, de Misery), les eaux souterraines ne suivent pas les vallées. Elles se dirigent dans un sens perpendiculaire au pendage des couches géologiques vers les sources les plus importantes.

Comme on le voit, ce sont les sources et très probablement les failles qui régissent la circulation souterraine. Les expériences à la fluorescéine montrent encore que les sources, non situées au débouché d'une vallée, se trouvent généralement placées à l'aval de la vallée dont elles drainent les eaux (source de Noë dans la région de Vanne, source de Cailly dans la vallée de l'Eure, sources d'Escolives et d'Auzey dans la vallée de l'Yonne).

Nous avons essayé de synthétiser aussi exactement que possible les résultats d'un grand nombre d'expériences faites avec la fluorescéine. Si, à la suite de ce travail, on peut arriver à connaître approximativement certains

endroits où circulent des eaux souterraines, il y a une donnée qu'il n'est pas très facile de déterminer, c'est la profondeur, même approchée, de circulation de ces eaux.

Nous avons signalé qu'aux environs des émergences, la distance séparant les diaclases superficielles des diaclases les plus profondes était de 10^m à 12^m. Des différences semblables doivent egalement exister sous les vallées.

GÉOLOGIE. — *Sur la Tectonique du pays des Mogods, du plateau des Hédil et du Bejaoua septentrional (Tunisie septentrionale).* Note (¹) de M. **Solignac**, transmise par M. Ch. Depéret.

1° Le pays des Mogods, caractérisé par un massif marnogréseux méso et néonummulitique, est compris entre la mer au Nord, et au Sud la limite méridionale de l'extension des grès numidiens [chaîne des Djebels Choucha (515); Seliline, Ez Zeboudj (398); Ouled el Ma, Nechat el Maza, Nefat, Guermach (490); Kef en Nsour (523); Saïdani (344); Zoukar (287)]. Il est composé de chaînons très plissés dessinant des arcs concentriques à concavité tournée vers la mer et dont la direction passe du NE-SW au NNE-SSW, enfin au N-S au voisinage du littoral. Une longue cassure, au nord de la chaîne terminale précitée, suit la courbure générale et laisse apparaître le culot phonolitique du Guelb Saad Moun et le pointement de trachyte (andéside à biotite) du Djebel Haddada. Les grès numidiens, transgressifs, se sont étendus primitivement jusqu'aux environs de Bizerte (Bab el Merdj et djbel Seba).

2° Une seconde région naturelle s'étend au sud de la précédente jusqu'à la vallée de l'oued Bou Dissa-oued Djoumine; elle se prolonge jusqu'à Bizerte où M. Termier a signalé, en 1908, les anomalies tectoniques qu'elle présente. Elle englobe le plateau des Hédil et la dépression située au nord de ce plateau. Cette dépression, qu'emprunte au Sud la voie ferrée et la route des Nefzas, est constituée par une série d'écailles imbriquées dirigées comme leurs lignes de chevauchement NE-SW ou NNE-SSW et déversées vers le S, le SSE et le SE. Une première écaille, uniquement triasique (marnes bariolées, cargneules et ophites), émerge, entre Sidi Ahmed bou Ali et Aïn el Hammam, des marnes à Dentales et à gros

(¹) Séance du 5 mars 1923.

rognons calcaires mésonummulitiques; elle repose sur une seconde écaille qui s'étend le long de la vallée de l'oued Malah, tributaire de la Garaet Achkel et comprend le Djebel Azzag.

Le terme supérieur de cette écaille est un paquet réduit de grès néonummulitiques (Djebel Sboua) subordonné au Trias de la première écaille; mais le contact entre les deux écailles se fait surtout entre le Trias de la première et les marnes suessoniennes où les calcaires à Polypiers néonummulitiques réduits à des klippes de la seconde (Sidi Ahmed ben Ali, Djebel Msala); le terme inférieur est le Sénonien (marnes et marno-calcaires à Inocérames, calcaires blancs à *Inoceramus regularis*) du Djebel Azzag; cet étage dessine un pli-faille au nord-ouest du Djebel Chaouaf, où, dans la partie méridionale, les calcaires chevauchent les marnes suessoniennes disposées primitivement en synclinal, et le chevauchement est marqué par une mylonite de 5^m à 6^m de puissance. La troisième écaille comprend ces marnes suessoniennes, les calcaires éocènes du Djebel Chaouaf et de Sidi Fatallah et au-dessous les calcaires maestrichtiens de Jefna et du Djebel Jebira et les marnes sénoniennes inférieures.

Cette écaille repose, par une mylonite puissante (Djebel Demnet Jebara, sur un énorme paquet de Trias, qui se prolonge jusqu'à l'Henchir Djalta, et elle se relie à la chaîne (Djebels Fedj el Bab Es Serdj, Kef Maksour, El Ajered) des marnes sénoniennes et des calcaires à *Stegaster altus* Seunes, qui borde, au Nord, le plateau triasique des Hedil sur lequel elle se déverse en un double pli couché. Un certain nombre de klippes de calcaires sénoniens et éonummulitiques (Djebels el Touila, el Mazoul, Kef Rerda, ed Damous, etc.) qui recouvrent le Trias du plateau attestent l'existence ancienne d'un prolongement de ces terrains vers le Sud; c'est sans doute la continuation vers le nord-est de ces klippes qui donnent les écailles du Djebel Gheriffa et de Djalta : là, une coupe figurée dans un récent ouvrage [1] de M. L. Berthon, chef du Service des mines de Tunisie, montre le laminage intense des calcaires éocènes de l'écaille de Djalta sous l'influence de la poussée du Trias prolongeant celui du plateau des Hédil.

Sur ce plateau, le Trias dessine une sorte de dôme surbaissé dont le rayon de courbure dépasse 2000^m; le centre est occupé par des marnes bariolées tandis que les bords sud et nord sont formés de calcaires cariés, de dolomies et d'ophites (Dj. el Faïdjel, Lazreg el Krab, Dehar el Behim, mine de Bazina). La largeur maxima de cet affleurement dépasse 5^{km} sur

(1) L. Berthon, *L'industrie minérale en Tunisie* (Tunis, 1922, p. 56).

une longueur maximum de 17^{km}. Sur la bordure sud du plateau triasique, on voit une série de pointements sénoniens très disloqués (demi-dôme faillé du Tabouna, Dj. Mimoun, Grand Bazina) qui peuvent se relier au double pli couché du Nord, en considérant la surface de chevauchement de ce pli sur le Trias comme une surface d'étirement.

Le plateau triasique se prolonge au Sud par une vaste cuvette synclinale formant aussi plateau et appartenant à l'Éocène inférieur (marnes et calcaires); sa bordure nord est chevauchée par le Trias, comme on le constate dans la galerie de roulage de la mine de Bazina. Au sud du Djebel Mamoun on remarque, posé sur les calcaires éocènes, un petit lambeau horizontal de conglomérats et de calcaire travertineux renfermant, d'après la détermination de M. Paul Pallary, *Helix fossulata* Pom. var. *major* Plry, du Pliocène inférieur algérien.

Le Trias apparaît encore au sud-est du plateau, sur la rive droite de l'oued El Begrat, le long du double anticlinal sénonien dirigé NNE-SSW des Djebels Bou Touil, Tiour el Lil, Anntra. A l'Henchir Semmène, il est surmonté de marnes suessoniennes et d'un lambeau de conglomérats à ciment de galène et *Helix fossulata* Pom. var. *major*. L'ensemble plonge sous les calcaires sénoniens du Bou Touil ainsi qu'on l'observe dans les parois du grand travers bancs de la mine du Semmène.

La partie du plateau des Hédil, entre le parallèle de Mateur et la vallée de l'oued Joumine, est un anticlinal sénonien, plissé en éventail (Djebels ez Zaroutine, El Hefira, Saf Saf) et chevauché au Nord par le Trias du Dj. Demnet Jebara. Cet anticlinal semble être le prolongement orographique vers l'Est, du bombement triasique du plateau des Hedil. Au Sud, il se résout en une série d'écailles éocènes-sénoniennes avec toujours du Trias à la base, que l'on observe tout le long de la vallée du Joumine. Au Sud-Est la bordure du plateau sénonien écrase le synclinal aigu burdigalien d'El Arima (argiles, grès et sables dans lesquels M. Ch. Depéret a reconnu *Pecten praescabriusculus* et *P. crestensis* Font).

Le pays décrit semble donc avoir un soubassement triasique; celui-ci en continuité avec l'affleurement que M. P. Termier a vu, au nord de Béja, reposer sur des couches aptiennes; il est donc vraisemblable d'admettre l'existence, dans le pays des Hédil et de Bizerte, d'au moins une *nappe charriée* triasique.

3° Le Béjaoua septentrional, suite du pays des Hédil, comprend une série de rides anticlinales et synclinales de marnes suessoniennes, de calcaires éonummulitiques un peu phosphatés à *Nummulites planulatus*, de

marnes jaunes mésonummulitiques, à direction NNE-SSW à NE-SW. En plusieurs points la tectonique se complique de phénomènes de chevauchement : éonummulitique chevauchant le Burdigalien à *Pecten Crestensis* de Sidi el Alidj, le Burdigalien de l'oued Guermoul, le Burdigalien de l'oued Badjar.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'absorption atmosphérique au mont Blanc.* Note de MM. E. **Bauer** et A. **Danjon**, présentée par M. Hadamard.

Nous nous sommes proposé, pendant un séjour à l'Observatoire Vallot (4347^{m}), d'étudier l'absorption atmosphérique par la variation d'éclat du Soleil avec sa distance zénithale.

Il est essentiel d'observer à haute altitude. On peut ainsi pousser les mesures jusqu'à l'horizon, où les rayons lumineux traversent une masse d'air considérable, mais pure et privée de poussières. Au mont Blanc, les observations sont régulières depuis le zénith (masse traversée : $0^{atm},6$) jusqu'à la bande brumeuse qui borde l'horizon (40^{atm}).

Nous avons exécuté deux séries de mesures, l'une le 20 août après-midi, l'autre dans la matinée du 25, celle-ci moins complète, le Soleil se levant derrière la chaîne des Alpes. Nous utilisions un photomètre universel de Fabry et Buisson, muni d'une lampe électrique étalon. Le transport des accumulateurs et d'un ampèremètre de précision s'est effectué sans difficulté. Les plages photométriques étaient observées à travers les filtres colorés, constitués par des combinaisons de gélatines Wratten, isolant des portions très étroites du spectre, vers $0^{\mu},63$, $0^{\mu},53$ et $0^{\mu},40$. On notait l'heure de chaque observation; le chronomètre comparé aux signaux horaires a conservé la même marche diurne, à une seconde près, avant, pendant et après l'ascension. Le calcul des réfractions et des masses d'air sera publié ultérieurement par l'un de nous.

Pour la discussion de nos résultats, nous avons construit une courbe où sont portés, en abscisses la masse d'air traversée, en ordonnées le logarithme de la quantité de lumière transmise. Si l'atmosphère se comportait comme un milieu absorbant homogène, cette courbe serait une droite dont la pente fournirait le pouvoir absorbant ($\log a$) de l'air, rapporté à *une* atmosphère normale. En réalité, la courbe ressemble à un arc d'hyperbole. A partir du zénith, le logarithme de la transmission diminue rapidement avec la masse, puis de moins en moins vite. La courbe tend vers une asymp-

tote, avec laquelle elle se confond pratiquement à partir de 10^{atm}, à 87° du zénith. C'est seulement au delà que le phénomène prend l'aspect simple prévu.

Étudions d'abord cette portion rectiligne de la courbe. Le Tableau suivant donne les valeurs de $\log a$ qu'on en déduit, ainsi que le produit

$$\lambda^4 \log a (n-1)^{-2}$$

qui, dans la théorie de Rayleigh, est une constante :

λ.	$-\log_{10} a$.	$\frac{\lambda^4 \log a}{(n-1)^2}$.
μ		
0,629	0,0352	$6,35.10^{-12}$
0,527	0,0595	5,33
0,482	0,0762	4,84

La décroissance des nombres de la troisième colonne n'infirme pas la loi de Rayleigh, elle est due à l'absorption sélective, qui s'ajoute à la diffusion moléculaire dans le vert et surtout dans le rouge. Nos résultats, sur ce point, sont conformes à ceux de Fowle. Ils s'accordent également avec les faits observés autrefois par l'un de nous sur le bleu du ciel [1]. Si l'on admet que l'absorption sélective est négligeable dans le bleu, nos résultats donnent, sans aucune correction, la valeur 54.10^{22} pour la constante d'Avogadro. Cabannes [2] a montré qu'il faut augmenter le nombre brut d'environ 8 pour 100. Nous trouvons alors

$$N = 59.10^{22}.$$

Ce résultat montre le parti qu'on peut tirer de l'observation du Soleil couchant à haute altitude. Il faudrait reprendre les mesures par une méthode photographique, pour utiliser la portion du spectre où l'absorption sélective est négligeable.

Quant à la courbure observée pour les petites masses d'air, nous nous sommes assurés qu'elle n'était pas due à une trop grande largeur spectrale de nos écrans. Nous l'avons observée le matin comme le soir, pour les trois ongueurs d'onde utilisées. Il nous semble difficile de mettre en doute sa lréalité. Tout se passe comme si les ordonnées de la courbe étaient la somme de deux termes, l'un, dû à la diffusion moléculaire et à l'absorption sélective, et qui est représenté par une droite en fonction de la masse;

---

(1) Bauer et Moulin, *Le bleu du ciel*... (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 864).

(2) Cabannes, *Sur la diffusion de la lumière, etc.* (*Thèse*, Paris, 1921).

l'autre, d'abord croissant, puis tendant vers une limite pratiquement atteinte vers 87°.

Voici une interprétation possible de ce second terme : Admettons l'existence d'une couche absorbante, relativement mince, située à l'altitude z.

Soient r le rayon de la Terre et ζ la distance zénithale.

La densité optique de la couche varie comme $\left(\cos^2\zeta + 2\frac{z}{r}\sin^2\zeta\right)^{-\frac{1}{2}}$. La variation de ce facteur représente bien nos mesures, et nous sommes conduits à prendre $z = 150^{km}$. On a déjà proposé une hypothèse de ce genre, pour expliquer les résultats de Müller, mais les observations photométriques de cet auteur étaient faites en lumière blanche, ce qui complique le phénomène. Plus intéressante est la confirmation apportée par les mesures de la radiation solaire faites par Abbot [1], à des altitudes diverses, atteignant 22^{km}. Ces mesures, non corrigées de l'absorption verticale, donnent, par extrapolation jusqu'à la pression zéro, la valeur $1^{cal},85$ pour la constante solaire, alors que le nombre admis est 1,93. La différence rend vraisemblable l'existence d'une couche absorbante au delà de 22^{km}.

Dans le domaine spectral que nous avons exploré, la transmission de cette couche varie de 0,90 au zénith à 0,60 à l'horizon. Nous n'avons pas trouvé de changement appréciable avec la longueur d'onde : il s'agit donc probablement de grosses particules, comme celles que produit l'ultraviolet extrême dans les gaz même raréfiés [2].

Pour des observations faites à des altitudes plus basses, l'absorption par une telle couche aurait une importance relative moins grande, et la courbe obtenue se rapprocherait de la forme rectiligne.

A titre de contrôle, nous avons comparé notre photomètre au corps noir à diverses températures. L'extrapolation des isochromatiques au moyen de la formule de Planck nous a donné la température effective du Soleil pour chacune des trois longueurs d'onde :

λ	$0^{\mu},629$.	$0^{\mu},527$.	$0^{\mu},482$.
Température effective absolue	5970°	6020°	5980°

---

(1) *Annals of the Astroph. Obs. Washington*, t. 4, p. 365.

(2) LENARD et RAMSAUER, Cf. *Le Radium*, t. 8, 1911, p. 115.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une nouvelle force industrielle : l'utilisation des calories fournies par les sources thermales.* Note (¹) de M. **Jean Dybowski**, présentée par M. Louis Mangin.

Au nombre des problèmes économiques actuels, la récupération des forces perdues se place parmi ceux qui présentent le plus réel intérêt; de ce fait, tout ce qui se rattache à l'utilisation des sources de chaleur mérite de retenir l'attention en raison du prix élevé des combustibles.

De tout temps l'utilisation des calories fournies par la thermalité des eaux provenant des sources chaudes s'est présentée à l'esprit comme pouvant offrir un intérêt réel; on y a vu, non sans raison, une réserve d'énergie dont une utilisation rationnelle pourrait fournir de sérieux avantages.

Mais les calories disponibles sont comprises dans des limites peu élevées et ne trouvent, de ce fait, que des applications qui ont paru limitées aux usages domestiques. Partout, peut-on dire, où des émergences de sources chaudes existent, on les a employées pour l'usage balnéaire. Ce n'est là qu'une utilisation restreinte et même relative puisque une grande quantité d'eau encore chaude s'écoule en pure perte. Sur certains points, une utilisation plus complète est celle qui consiste à les faire servir au chauffage des habitations. Ce ne sont là que de rares exceptions, les agglomérations d'habitations ne se trouvant pas nécessairement près des émergences.

Il semble que le principal emploi industriel qui puisse être réservé à l'utilisation de ces calories basses soit celui de les faire servir au chauffage de locaux vitrés où puisse être établie la culture des produits de primeur, locaux qui constituent l'installation des forceries.

On sait l'importance très grande qu'a pris en Belgique, en Hollande et en Angleterre cette industrie du forçage des fruits, des légumes et des fleurs. La raison en est dans leur proximité des mines de charbon nécessaire à la production de chaleur.

La France n'occupe dans cette industrie qu'un rang secondaire. Il lui revient une place bien plus importante eu égard à son climat infiniment plus favorisé. Il lui manquait pour arriver à ce résultat des éléments économiques de chauffage. Ses sources thermales peuvent les lui fournir et constituent un important élément de succès.

(¹) Séance du 5 mars 1923.

Des essais ont été antérieurement tentés dans ce sens. Ils n'ont pas été couronnés de succès jusqu'au moment où les conditions précises d'emploi n'ont pas été nettement déterminées. Ce sont ces conditions qu'il importe d'indiquer, car il est permis d'affirmer à l'heure actuelle, après une expérience industrielle conduite avec toute la précision scientifique nécessaire, que les résultats qu'on peut obtenir de l'emploi des eaux thermales dépassent les prévisions les plus optimistes.

Ces indications auront l'avantage, en précisant la méthode, de servir de base à toute industrie similaire et de conduire à l'utilisation d'une force importante jusqu'à présent perdue sans profit pour personne.

Nous nous baserons pour préciser les conditions générales de cette utilisation sur l'organisation faite à Préchacq (Landes). Des émergences constatées sur ce point ont permis d'opérer des forages qui ont fait jaillir des sources donnant des eaux ayant 63°. Ces eaux, conduites sur un terrain de culture de 10 hectares situé à 2^{km},300 du point d'émergence par une canalisation à dispositif spécial réduisant les pertes en calories à un taux extrêmement réduit, ont permis de chauffer des serres de forçage couvrant chacune un quart d'hectare. Les cultures qui y sont installées ont pour base la production des fruits et des légumes.

Ces installations définitivement démonstratives permettent de préciser les conditions dans lesquelles l'utilisation des eaux thermales comme moyen de chauffage de serres est industriellement possible. Ces conditions sont les suivantes :

1° La thermalité de l'eau doit être suffisante. Il ne semble pas qu'au-dessous de 60° une utilisation pratique puisse être recommandée. Ces eaux doivent être neutres, ne donnant aucun dégagement gazeux et ne formant aucun dépôt dans les tuyaux de chauffage.

2° Le débit de la source doit être suffisant. La surface à chauffer sera fonction de ce débit. S'il est insuffisant, les pertes en calories seront élevées. Le chauffage obtenu sera lié à la vitesse du courant, c'est-à-dire du débit.

3° Le climat du lieu d'utilisation jouera un rôle important. S'il est froid, les pertes en calories pourront être trop grandes pour que l'utilisation puisse conduire à des résultats pratiques.

4° Les terres à mettre en culture doivent être peu éloignées du point d'émergence. Des dispositions spéciales telles que l'emploi de tuyaux en bois permettent d'étendre le rayon d'action. Des calculs précis pour chaque cas permettront de déterminer les conditions d'installation.

5° Le lieu utilisé doit être situé de façon à permettre l'évacuation des

produits vers les centres de consommation dans des conditions pratiques.

Lorsque toutes ces conditions sont réunies, les résultats obtenus peuvent présenter un très réel intérêt.

Il est aisé de déterminer les avantages qui peuvent être retirés de semblables installations dans un cas déterminé.

Si l'on prend pour exemple une source fournissant 50^{m^3} à l'heure d'une eau à 62°, on peut établir sa valeur en transformant ses éléments utiles en équivalence de charbon. Mais de même qu'on ne peut compter que le rendement du charbon utilisé dans le chauffage des serres ne rend en calories utiles qu'une partie des calories totales, il convient d'admettre que le transport de l'eau à distance doit faire subir une perte dont il importe de tenir compte. Cette perte peut être estimée à environ 1°,5 à 2° par kilomètre de tuyaux employés pour l'amenée de l'eau à pied d'œuvre. Il conviendra par conséquent de déduire du rendement cette quantité qui sera variable suivant les cas.

Le débit à l'heure de 50^{m^3} à 62°, s'abaissant après utilisation à 25°, donne donc utilement :

$$62° - 25° = 37°,$$

soit à l'heure $50000 \times 37 = 1\,850\,000^{cal}$.

Or, on admet que 1^{kg} de charbon dégage en brûlant, dans le chauffage des serres, 1750 calories utiles. Les 1850000 calories disponibles à l'heure équivalent donc à

$$\frac{1\,850\,000}{1750} = 1057^{kg} \text{ de charbon à l'heure,}$$

soit $1057 \times 24 = 25368^{kg}$ de charbon par jour.

De ce chiffre, il faut déduire les pertes. Dans une organisation bien établie et bien conduite, elles ne doivent pas excéder 10 pour 100.

Ces données indiquent l'intérêt qui s'attache à l'utilisation rationnelle des calories provenant des sources thermales.

BOTANIQUE. — *Sur le nombre des cotylédons de la Ficaire.* Note [1] de M. P. **Bugnon**, présentée par M. Guignard.

La Ficaire (*Ficaria ranunculoides* Roth) a été considérée tantôt comme dépourvue de cotylédons, tantôt comme munie d'un cotylédon seulement,

---

(1) Séance du 5 mars 1923.

tantôt enfin comme pourvue de deux cotylédons, concrescents par un de leurs bords sur toute la longueur des pétioles et sur une bonne partie de la longueur des limbes. Cette dernière interprétation, émise par Sterckx ([1]), fut admise par Ethel Sargant ([2]), qui l'utilisa pour étayer sa théorie sur l'origine des Monocotylédones. Il importe donc d'en vérifier la valeur.

I. L'embryon, dans la graine mûre de la Ficaire, est de structure homogène. La première racine et les premières feuilles ne s'ébauchent qu'au cours de la germination. Van Tieghem ([3]) refusa finalement le nom de cotylédon à la première pièce foliaire qui se développe ainsi parce qu'elle ne jouerait aucun rôle dans la digestion et l'absorption de l'albumen.

Mais, elle commence à se différencier bien avant la disparition totale de l'albumen, et rien ne prouve qu'elle ne participe pas à sa digestion. L'argumentation de Van Tieghem semble donc insuffisante pour justifier son opinion.

II. Parmi les auteurs qui ont considéré cette première pièce foliaire comme un cotylédon, certains ont admis que le deuxième cotylédon avait disparu par atrophie. Darwin ([4]) a même donné une raison biologique de cette suppression : il a vu, dans la formation précoce d'un tubercule sur les flancs de l'hypocotyle, « une bonne confirmation du principe de compensation ou de balancement de la croissance » et il a rappelé à ce propos la phrase de Gœthe : « afin de pouvoir dépenser d'un côté, la nature est forcée d'économiser de l'autre » (*loc. cit.*, p. 95).

Mais, aucune trace de ce cotylédon supposé atrophié n'a jamais été observée à aucun stade du développement; il s'agit donc là d'une hypothèse purement gratuite.

III. L'argument de Sterckx réside dans ce fait que le limbe de la première pièce foliaire est bilobé au sommet et que la nervation de chacune de ses moitiés paraît comparable à celle d'un limbe simple.

Sterckx a donné aussi une raison biologique de cette disposition : « Dans les plantules où cette concrescence a lieu, on remarque que l'hypocotyle est court et tubérisé : ce sont les pétioles cotylédonaires qui doivent s'allonger pour porter les limbes dans l'air. Dans ces conditions, ces pétioles semblent s'unir pour traverser le sol plus facilement, se soutenir et supporter les limbes » (*loc. cit.*, p. 81).

Sargant a trouvé un argument supplémentaire dans la position occupée par la deuxième pièce foliaire, représentant pour elle la troisième feuille de la plante. Elle montre qu'en acceptant l'hypothèse contraire de l'atrophie d'un cotylédon, la troisième feuille ne pourrait être située au-dessus du cotylédon atrophié, en face du cotylédon développé. Cette position s'explique, au contraire, en admettant la fusion des deux cotylédons en un membre unique, latéral en apparence ([5]).

([1]) R. Sterckx, *Recherches anatomiques sur l'embryon et les plantules dans la famille des Renonculacées* (*Mém. Soc. roy. Sc.* Liège, 3e série, t. 2, 1900).

([2]) Ethel Sargant, *Ann. of Bot.*, t. 17, 1903, p. 1.

([3]) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édition, 1891, p. 949.

([4]) Darwin, *La faculté motrice dans les plantes* (Trad. franç. par Ed. Heckel. Paris, 1882).

([5]) Ethel Sargant, *Ann. of Bot.*, t. 22, 1908, p. 158.

Le même auteur a vu enfin, dans cette disposition du membre cotylédonaire double, un avantage biologique pour la plante : les feuilles suivantes ne seront pas dans la nécessité de faire éclater un tube cotylédonaire pour se déployer, comme chez le *Delphinium nudicaule*, etc., où les pétioles cotylédonaires sont unis par leurs deux bords de façon à enfermer la gemmule dans une chambre entièrement close ([1]).

A l'argument d'ordre phyllotaxique mis en avant par Sargant, on peut opposer, depuis que A.-W. Hill ([2]) a démontré qu'un des cotylédons se développait en une feuille végétative pareille aux suivantes chez certains Dicotylédones, l'hypothèse que, chez la Ficaire, la première feuille végétative ordinaire n'est autre que le deuxième cotylédon. Sterckx (*loc. cit.*, p. 45) a fait observer, en effet, que les connexions anatomiques de cette première feuille avec la racine sont les mêmes que celles d'un cotylédon chez le *Nigella damascena*. Par sa position phyllotaxique, par ses connexions anatomiques, la première feuille végétative de la Ficaire se comporte donc comme l'un des cotylédons des espèces voisines dicotylées.

Quant à la pièce cotylédonaire, il résulte des observations concordantes de tous ceux qui en ont étudié l'ontogénie, la morphologie ou l'anatomie (Hegelmaier, 1874; Sterckx, 1900; Schmid, 1902; Sargant, 1903; E.-N. Thomas, 1914, etc.) : 1° que son ébauche primordiale est simple à son origine; 2° que son faisceau médian est simple dès son apparition procambiale; 3° que son ébauche et son faisceau médian deviennent secondairement bifurqués au sommet; 4° que l'organisation anatomique de son faisceau libéroligneux médian, dans le pétiole, ne révèle aucune trace de fusion; 5° que les rapports anatomiques des faisceaux cotylédonaires avec la stèle radicale binaire sont exactement comparables à ceux de l'un des deux cotylédons chez le *Nigella damascena*.

Pour faire ressortir la valeur de l'argument qu'il a tiré de la forme et de la nervation du limbe cotylédonaire, Sterckx a comparé (*loc. cit.*, p. 45) ce limbe bilobé à d'autres limbes cotylédonaires bilobés et de nature évidemment simple, comme ceux du Radis. Dans ce cas, l'échancrure terminale du limbe est due, ainsi que l'a montré Lubbock ([3]), à la disposition spéciale des cotylédons dans la graine (p. 43). Mais le même auteur a signalé d'autres cas, comme celui de l'*Eschscholtzia californica*, dans lesquels la bilobation prononcée du lymbe cotylédonaire est indépendante d'une telle cause. J'ai fourni moi-même ([4]) une interprétation générale de ces derniers cas : il s'agirait d'un mode de ramification ancestral, le mode dichotome, que les premières feuilles de la plante présenteraient par atavisme, d'une façon habituelle ou anormale suivant les espèces.

Sterckx aurait certainement trouvé sa comparaison moins convaincante s'il avait remarqué les cotylédons anormalement dichotomes du Radis, tels que ceux que j'ai figurés (*loc. cit.*), et si son attention avait été attirée sur la fréquence relative de la dichotomie dans les cotylédons. L'étude des variations de cette dicho-

---

([1]) Ethel Sargant, *loc. cit.*, 1903, p. 64.

([2]) A.-W. Hill, *Ann. of Bot.*, t. 20, 1906, p. 395.

([3]) Sir John Lubbock, *A contribution to our knowledge of seedlings*, London, t. 1, 1892).

([4]) P. Bugnon, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1194.

tomie dans les cotylédons de la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.) (¹) m'a permis d'observer des cas où la bifurcation terminale de la nervure médiane, localisée d'habitude vers le milieu du limbe, était reportée à sa base, ou plus bas encore, où le limbe était lui-même plus ou moins profondément bilobé, et où sa nervation se montrait comparable à celle du limbe cotylédonaire de la Ficaire (fig. 2 à 9, pl. III).

Ainsi, des cotylédons indiscutablement simples, mais à dichotomie plus ou moins accentuée, comme ceux de la Mercuriale, peuvent présenter tous les caractères qui ont amené Sterckx et Sargant à regarder le cotylédon de la Ficaire comme une pièce double. Les figures que ces auteurs en ont donné (²) (³) mettent suffisamment en évidence qu'il s'agit là aussi d'une ramification dichotome dans un organe simple. A.-W. Hill (*loc. cit.*, p. 423, note 4) avait déjà brièvement suggéré la possibilité d'une telle interprétation.

En résumé, la Ficaire possède deux organes foliaires ayant les mêmes connexions anatomiques avec la racine que les deux cotylédons des espèces dicotylées de la même famille. Aucun argument valable d'ordre ontogénique, morphologique ou anatomique n'a pu être donné en faveur : 1° de la suppression d'un des cotylédons par atrophie; 2° de la concrescence latérale des deux cotylédons. L'hypothèse actuellement la plus plausible est donc que la Ficaire est hétérocotylée : l'un des cotylédons se développe avant l'autre et présente un limbe dichotome (caractère ancestral); le deuxième prend l'aspect d'une feuille végétative ressemblant aux suivantes et si, à cause de cela, on lui refuse le nom de cotylédon, il en résulte que la Ficaire doit être considérée comme monocotylédone par hétérocotylie.

CYTOLOGIE. — *Sur la nature de la sécrétion des stérinoplastes du Lis blanc.* Note de M. Marcel Mirande, présentée par M. Guignard.

Dans une Note récente (⁴), j'ai montré que les organites, auxquels j'ai donné le nom de *stérinoplastes* et que l'on observe dans les cellules épidermiques des bulbes du Lis blanc, ont une enveloppe constituée par une mince couche externe entièrement albuminoïde et une couche interne, plus épaisse, de nature à la fois albuminoïde et lipoïde. Pour justifier le nom que

(¹) P. Bugnon, *L'organisation libéroligneuse des cotylédons et de l'hypocotyle expliquée par la théorie du raccord, chez la Mercuriale* (*Mercurialis annua* L.) (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, 7ᵉ série, t. 5, 1923, p. 69-106 et pl. III).

(²) R. Sterckx, *loc. cit.*, pl. XIII, XIV et XV.

(³) Ethel Sargant, *loc. cit.*, 1903, pl. VII.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 596.

j'ai donné à ces organites, il reste à démontrer que leur corps central, soluble dans les solvants ordinaires des matières lipoïdes, contient une cholestérine végétale ou *phytostérine*.

Examinons d'abord des stérinoplastes isolés sur frottis. On peut leur appliquer la plupart des réactions colorées de la cholestérine. Mais pour la démonstration qui nous intéresse, il faut rejeter celles qui ne donnent leur effet qu'après dissolution des stérinoplastes ou qui la donnent en dissolvant si rapidement ces organites qu'il est difficile de discerner la part qu'ils y prennent. On pourrait objecter, en effet, que la réaction peut être donnée, non par les organites eux-mêmes, mais par le suc cellulaire extrait, par le frottis, en même temps qu'eux. La réaction de Heintz (acide sulfurique), qui donne avec la cholestérine une coloration rouge sang, mieux encore celle de Liebermann (acide sulfurique et anhydride acétique) à coloration rouge carmin, en ayant soin de ne pas employer un excès de réactif, donnent un très bon résultat.

Le frottis est rapidement recouvert d'une lamelle à laquelle est fixée, en goutte suspendue, une petite goutte d'acide sulfurique et d'anhydride acétique. Les stérinoplastes se colorent en rouge carmin; puis, de tous ces organites comme centre, en même temps qu'ils se dissolvent, la coloration diffuse peu à peu dans le liquide général. Dans les points de la préparation où des stérinoplastes, atteints par une quantité minime de réactif, n'y sont pas baignés, mais simplement imprégnés, on voit ces organites, colorés en beau rouge, séjourner assez longtemps avant de se dissoudre. Si l'on opère sur des stérinoplastes colorés au préalable par le bleu de crésyl, on voit ces organites, sous l'action du réactif, se colorer avec rapidité de la périphérie au centre, offrant, pendant quelques instants, une très belle double coloration rouge et bleue.

On peut appliquer les réactions de la cholestérine aux cellules épidermiques mêmes des écailles bulbaires. Mais, dans ce cas, la réaction colorée s'opère en masse au sein de la cellule, sans que l'on puisse voir les stérinoplastes y prendre part : les épidermes sont déposés à sec sur la lame, mais les cellules sont hydratées en elles-mêmes; au moment de leur pénétration dans la cellule, les réactifs, se mélangeant avec l'eau cellulaire, ne sont plus assez concentrés pour produire la réaction, mais suffisamment pour dissoudre les stérinoplastes avec grande rapidité; un instant après, la concentration étant redevenue suffisante, la réaction générale se produit.

On peut opérer sur des épidermes vivants, ou bien sur des épidermes portés au préalable à l'ébullition ou détachés d'écailles bouillies; on sait que dans ce dernier cas les stérinoplastes sont transformés en amas denses de fins cristaux. Par l'acide sulfurique concentré (réaction de Heintz), le protoplasme tout entier se colore en rouge sang ou pourpre, puis la coloration diffuse dans tout le liquide.

Si, à l'acide sulfurique, on ajoute un peu d'anhydride acétique (réaction de Liebermann), on obtient une coloration rouge carmin; en outre, de nombreuses gouttelettes d'anhydride tenant la phytostérine en dissolution et colorées en beau rouge se répandent dans toute la préparation. En traitant par le chloroforme et l'acide sulfurique (réaction de Hesse), coloration rouge et gouttelettes de chloroforme colorées en rouge carmin. De l'acide trichloracétique fondu et une goutte d'acide chlorhydrique (réaction de Hirschsohn) donnent, à une douce chaleur, une coloration rose.

Des épidermes ayant séjourné pendant peu de temps dans l'alcool, le chloroforme,

l'acide acétique, ne donnent plus les réactions ci-dessus. Par contre, ce sont les résidus laissés par ces solvants, évaporés sur lame ou verre de montre, qui les donnent. Dans ces résidus la phytostérine est cristallisée. Le résidu alcoolique est en fins cristaux en forme de baguette, semblables à ceux des stérinoplastes chauffés; on peut parfois voir quelques cristaux lamellaires comparables à ceux de la cholestérine animale. Le résidu chloroformique se présente souvent sous forme de gouttelettes jaunâtres au sein desquelles se trouvent une grande quantité de fins cristaux aiguillés.

Enfin, sans entrer dans les détails opératoires, ajoutons qu'il est facile d'isoler la *liliostérine*, cristallisée en aiguilles ou en baguettes, en partant d'une macération alcoolique, soit d'écailles fraîches traitées entières, ou encore mieux d'épidermes d'écailles bouillies; dans ce cas les épidermes se détachent avec la plus grande facilité et l'on sait que les stérinoplastes y sont à l'état cristallisé. La liliostérine donne les réactions ordinaires de la cholestérine : réactions de Hesse, de Burchard, de Liebermann, de Salkowski, de Hirschsohn; la réaction de Tschugajef est particulièrement belle et sensible avec sa coloration rouge accompagnée d'une fluorescence semblable à celle de l'éosine.

Le corps central des stérinoplastes est donc une dissolution lipoïde de phytostérine; l'abondance des cristaux qui se déposent dans un plaste chauffé montre que cette dissolution est très concentrée. La substance soluble dans l'eau chaude, et qui, à l'état normal, tient cette stérine en dissolution, est peut-être, comme dans la bile, quelque dérivé de l'acide cholalique. L'eau chaude, entraînant le solvant de la liliostérine, celle-ci se dépose à l'état cristallisé dans le plaste. J'ai montré que les stérinoplastes, à un moment de leur vie, expulsent des *calculs* de structure radiée; c'est évidemment par suite de la diminution ou du manque, dans l'organite, à un moment donné, du solvant de la stérine; ce phénomène est comparable à celui des calculs animaux.

On sait que les cholestérines végétales sont très répandues. On en a isolé d'organes et de produits les plus divers; toutes ces phytostérines sont des substances extraites et étudiées purement au point de vue chimique. Pour la première fois, dans le Lis blanc, nous voyons un organite élaborateur de stérine et finissant par la déposer, parfois, dans la cellule, à l'état figuré. On est autorisé à penser que ce cas ne doit pas être isolé, et ces observations sur le Lis blanc ouvrent le champ à des recherches cytologiques nouvelles sur la question des phytostérines, dont la grande fréquence est indicatrice d'un rôle physiologique important.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Carpoxénie et mutations gemmaires chez les* Citrus *cultivés.* Note de M. **Trabut**, présentée par M. Guignard.

C'est une notion bien acquise, en horticulture, que les mutations de bourgeons sont l'origine de nombreuses variétés adoptées par la culture. Mais, chez les *Citrus* cultivés, ces mutations gemmaires prennent une importance telle que, faute de les observer attentivement, on risque de perdre les meilleurs types avantageux à cultiver.

C'est par une mutation gemmaire qu'est apparue l'excellente *Orange de Bahia* qui, importée aux Etats-Unis en 1870, est devenue l'*Orange Washington Navel*, largement cultivée en Californie.

Comme chez beaucoup de *Citrus*, il s'était développé, à Bahia, sur un oranger du Portugal (*Naranja Selecta*), un rameau portant des fruits sans graines et présentant un apex ouvert avec une petite orange faisant hernie, simulant un nombril, d'où le nom de *Naranja de Ombligo*, que les Américains ont traduit par Orange Navel.

Cette orange de Bahia multipliée par la greffe seulement, depuis une cinquantaine d'années, a déjà, en Californie, donné naissance à des variétés très caractérisées : comme *Thomson Navel*, *Golden Nugget*, *Golden Buckeye*, *Navalencia*, etc. En Australie, l'Orange de Bahia est devenue la *Navel d'Australie* inférieure au type primitif.

Mais depuis quelques années, en Californie, on remarque que ces mutations sont de plus en plus fréquentes et deviennent une cause de dégénérescence grave du type primitif, car on les a inconsciemment multipliées par la greffe dans de nombreuses orangeries.

A la station botanique de Maison carrée, où nous avons une importante collection de *Citrus*, j'ai depuis quelques années noté la présence, sur un même sujet, de fruits d'aspect différent, surtout dans le groupe des Navel. Les Orangers dérivés de l'Oranger de Bahia ou Navel ont des étamines sans pollen, les fleurs sont donc incapables de se féconder et les fruits ne produisent pas de graines.

Cependant, de temps à autre, on rencontre dans ces oranges une ou deux graines bien conformées. Mais, ce qui m'a le plus frappé, c'est le développement sur l'écorce de ces fruits d'un ou deux fuseaux d'apparence très différente. Ainsi, sur un sujet de *Golden Backeye*, dont l'écorce est jaune orange très clair, on observe souvent des secteurs rouge orange foncé. Une année, cet arbre a produit un fruit avec un secteur jaune citron et à surface très verruqueuse. Comme cet Oranger est dans le voisinage d'un *Citrus Zemboa*, sorte de Cédrat à écorce très verruqueuse, j'ai pensé que le seg-

ment verruqueux de l'Orange Navel pouvait provenir d'une xénie provoquée par le pollen du *Zemboa*.

Gallesio avait déjà provoqué cette anomalie; on lit dans son Traité des *Citrus* : « J'ai fécondé des fleurs d'Oranger avec du pollen de Limonier, et j'en ai obtenu un fruit dont l'écorce était coupée, de la pointe à la queue, par un fuseau jaune et relevé, ayant les caractères du Limonier. » Ce fruit ne contenait pas de graines bien conformées.

Si les caractères anormaux de ces fruits sont à classer dans les carpoxénies, on arrive à penser que les rameaux qui portent ces fruits ont pu subir aussi l'influence de la pollinisation étrangère; avec la carpoxénie il faudrait admettre, dans certains cas, une cladoxénie. Un rameau qui a porté des fruits affectés par un pollen étranger peut-il être lui-même affecté de manière à produire ultérieurement des bourgeons modifiés?

Telle est la question que soulèvent les nombreuses variations par bourgeons des *Citrus* cultivés.

Le cas de la *Bizzarria*, *Citrus* produisant des fruits moitié limon, moitié bigarade, des bigarades et des limons sur la même branche, pourrait bien n'être qu'un cas de cladoxénie chez un bigaradier pollinisé par un limonier.

Cette année, un rameau de *Washington Navel* a porté un fruit avec un secteur plus coloré, bien limité et correspondant à un des carpelles; le rameau qui porte ce fruit est aussi anormal par ses feuilles panachées. Ce rameau sera utilisé comme greffon.

Il n'est pas possible que la xénie modifie un rameau déjà formé lors de la pollinisation; mais on pourrait admettre que l'imprégnation peut atteindre les premiers bourgeons à proximité du fruit xénié; l'année suivante, ces bourgeons se développant donneraient les rameaux modifiés. Dans bien des cas, les rameaux mutés ont un aspect si différent qu'on les a comparés à des branches de Gui sur un arbre fruitier.

En dehors des variations que l'on peut attribuer à une pollinisation étrangère, il est certain que, chez les *Citrus*, comme chez beaucoup d'arbres fruitiers, il se produit des variations d'un autre ordre. Depuis longtemps j'ai signalé les inconvénients de la greffe en écusson chez nos *Citrus*, parce que les greffeurs ont une tendance à prélever les écussons sur les gourmands, car il est bien plus difficile de les prendre sur les rameaux fructifères.

De ces observations, il résulte :

1° Que les mutations par bourgeons sont très fréquentes chez les *Citrus* et spécialement chez le groupe des *Navel* à étamines stériles;

2° Que ces mutations sont parfois avantageuses et qu'il y a lieu de les fixer par la greffe;

3° Que très souvent ces mutations donnent des fruits bizarres et sans valeur et qu'il est important d'éviter de les multiplier dans les cultures;

4° Que la pollinisation étrangère produisant la carpoxénie peut probablement déterminer aussi la cladoxénie, qui serait l'origine d'une partie des variations par bourgeons.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Un plan de lutte contre le Doryphore de la Pomme de terre*. Note de M. **J. Feytaud**, présentée par M. Marchal.

Pour anéantir les foyers de Doryphore, devenus nombreux et dispersés sur une vaste surface par suite des mesures insuffisantes de 1922, les organismes chargés de la lutte disposent d'une série de moyens, au nombre desquels se distinguent quatre procédés essentiels. Ces procédés, que j'ai mis au point l'année dernière avec la collaboration de MM. Monteil et Dieuzeide pour leur faire produire le maximum d'efficacité, sont : le ramassage, la pulvérisation, la destruction du feuillage et la désinfection du sol ([1]). Les premier et deuxième sont associés dans les traitements ordinaires; les premier, troisième et quatrième sont combinés en série dans les traitements d'extinction proprement dits.

Le succès de la lutte dépend de la bonne mise en œuvre de ces moyens.

Or deux conditions sont indispensables pour empêcher la diffusion du mal : connaître les foyers de très bonne heure et les traiter immédiatement.

La première condition sera assurée par une inspection rigoureuse, faite non seulement par le propriétaire, dont la bonne volonté n'est pas toujours parfaite, mais surtout par les autorités locales responsables : équipe communale, par exemple, sous le contrôle du directeur des services agricoles et de ses professeurs d'agriculture. C'est encore l'équipe communale qui assurera la deuxième condition, en l'absence des syndicats de défense.

A la fin de 1922, le Doryphore n'avait été officiellement reconnu qu'en Gironde. Il occupait peu ou prou une vaste zone déclarée contaminée et comprenant : l'arrondissement de Lesparre en entier, une partie de celui de Bordeaux (cantons de Castelnau, Blancfort, Bordeaux, Pessac, Carbon-Blanc, Audenge, La Teste, Arcachon, Belin et La Brède), une partie de

---

([1]) Pour les détails concernant ces procédés, voir *C. R. Académie d'Agriculture de France*, 12 juillet 1922, 24 janvier, 7 et 14 mars 1923.

celui de Bazas (communes de Sauternes et d'Hosteins). Il existait, en outre, deux autres zones contaminées beaucoup plus petites : l'une dans le Bazadais, l'autre autour de Libourne et Coutras.

Rien ne permet d'affirmer que la carte d'apparition du Doryphore au printemps 1923 se superposera au dessin des zones antérieurement fixées. Il est au contraire probable que celles-ci seront épargnées dans certaines de leurs parties, par suite du succès local des mesures prises, tandis que des territoires réputés indemnes seront touchés à leur tour.

Aussi pour arrêter un nouveau plan général de défense, avons-nous jugé bon de distinguer :

1° *La région à surveiller*, comprenant l'ensemble des zones contaminées et de protection fixées par le Ministère, ou mieux, pour assurer de façon plus sûre le début de la campagne 1923, le département de la Gironde en entier avec les portions contiguës des départements circonvoisins :

2° *Les foyers actifs* avec les *aires suspectes* qu'ils déterminent et dont le rayon croît proportionnellement à la gravité de la menace.

Pour prendre une base précise, on peut convenir des règles suivantes :

Le rayon de l'aire suspecte est fixé à 300^m si le foyer ne présente que des adultes, 1^{km} s'il présente des œufs, larves et nymphes, 3^{km} s'il demeure actif 15 jours, 10^{km} s'il le demeure 1 mois.

Un foyer n'est déclaré éteint et l'aire correspondante ne cesse d'être suspecte que 15 jours après la disparition complète des insectes.

Tous les champs de pommes de terre de la région à surveiller sont soumis : d'une part à la déclaration obligatoire, d'autre part à l'inspection renouvelée toutes les deux semaines au moins.

Les champs compris dans une aire suspecte sont l'objet d'une inspection faite deux fois par semaine, qui s'étend aussi aux plantations de tomates et d'aubergines, et de pulvérisations préventives répétées toutes les deux semaines.

Quant aux foyers en activité, ils sont soumis à la visite quotidienne, au ramassage jusqu'à l'épuisement, aux pulvérisations renouvelées de semaine en semaine, au traitement d'extinction s'ils présentent de grosses larves ou des nymphes (foyer accroché au sol ou sur le point de le devenir) : traitement d'extinction localisé si l'invasion est sporadique, radical et complet si elle est générale ou si elle dure depuis plus de 4 semaines [1].

Les règles de la défense ainsi comprise sont résumées dans le tableau ci-après, concernant un des cas les plus complexes, celui d'un foyer supposé

---

[1] J'entends par traitement d'extinction localisé celui qu'on effectue par îlots, dans un rayon de 5^m, par exemple autour de chaque pied envahi, tandis que le traitement d'extinction radical intéresse toute la surface du champ.

SEMAINES.	JOURS.	ÉTAT DU FOYER.	MESURES A PRÉVOIR — DANS LE CHAMP ENVAHI.	DANS LES AUTRES CHAMPS COMPRIS DANS UN RAYON DE			
				0^m à 300^m.	300^m à 1^{km}.	1^{km} à 3^{km}.	3^{km} à 10^{km}.
		Insectes ailés	**Foyer déclaré actif.**	**Aire suspecte.**	**Régime de la région à surveiller.**		
	1er		*Ramassage.* 1re pulvérisation.	1re pulv. prévent.			
1re		+ Œufs	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire*	**Aire suspecte.**	*Inspection de quinzaine.*	
	8e		2e pulvérisation.		1re pulv. prévent.		
2e		+ Larves	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*		**Aire suspecte.**	
	15e		3e pulvérisation.	2e pulv. prévent.		1re pulv. prévent.	
3e		+ Grosses larves, nymphes	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*			*Inspection de quinzaine.*
			TRAITEMENT D'EXTINCTION LOCALISÉ.				
	22e		4e pulvérisation.		2e pulv. prévent.		
4e		Persistance	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*			
			TRAITEMENT D'EXTINCTION LOCALISÉ.				
	29e		5e pulvérisation.	3e pulv. prévent.		2e pulv. prévent.	**Aire suspecte.**
6e		Persistance	TRAITEMENT D'EXTINCTION RADICAL.	*Inspection bihebdomadaire.*			
			Inspection quotidienne.		3e pulv. prévent.		1re pulv. prévent.
7e		Disparition	*Inspection bihebdomadaire.*	*Inspection bihebdomadaire.*			
8e et suiv.		Disparition	**Foyer déclaré éteint.**	**Retour au régime de la région à surveiller.**			
			Inspection de quinzaine.	*Inspection de quinzaine*			

très rebelle, avec tout d'abord uniquement des adultes, puis des œufs, des larves (1re et 2e semaines), des nymphes par places (3e semaine), foyer qui persiste un mois par suite de l'insuffisance des premiers moyens opposés et qui ne cède qu'au traitement d'extinction radical.

Les cas intermédiaires et plus simples y sont implicitement compris : L'application rapide, énergique et raisonnée des mesures prévues aura raison de tous les foyers normaux dans un délai beaucoup plus court, et l'on brûlera les premières étapes si l'insecte y figure de prime abord sous toutes les formes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Recherches sur l'assimilabilité des engrais phosphatés.* Note de MM. **A. Demolon** et **P. Boischot**, présentée par M. Lindet.

Parmi les acides faibles proposés pour la détermination de l'assimilabilité des éléments fertilisants du sol, CO^2 est *a priori* celui qui possède le plus de valeur en raison de son caractère naturel. C'est pourquoi nous nous sommes adressés à ce réactif pour comparer les divers engrais phosphatés livrés à l'agriculture. En raison de la discontinuité du sol et de l'obstacle à la circulation des gaz résultant de la capillarité, il n'est pas invraisemblable de considérer que les solutions au contact immédiat des racines peuvent être sensiblement saturées de CO^2. Cette considération légitime l'emploi de CO^2 en solution saturée quand il s'agit de déterminer la vitesse d'attaque des divers engrais phosphatés. A cet égard, il faut tenir compte non seulement de la forme initiale de l'engrais, mais encore des transformations possibles dépendant de la nature du sol et du temps de contact. Tels sont les facteurs dont nous nous proposons de fixer le rôle pratique.

Technique expérimentale. — Nous avons employé CO^2 en solution aqueuse maintenue saturée et adopté une quantité de matière correspondant dans tous les cas à 110^{mg} de P^2O^5, avec même degré de finesse des échantillons : tamis : 120; volume d'eau : 200^{cm^3}; temps de contact : une heure, se décomposant comme suit : deux quarts d'heure de barbotage régulier de CO^2 dans la solution, suivis chacun d'un quart d'heure d'agitation dans un appareil rotatif (un tour à la seconde). Dans une autre série, addition supplémentaire de 760^{mg} de CO^3Ca précipité, facilement soluble dans l'eau chargée de CO^2.

D'autre part, nous avons incorporé les mêmes engrais à une terre de limon naturellement décalcifiée (Ph = 7,1; humidité = 15 pour 100) à

raison de 110^{mg} P^2O^5 pour 10^g de terre. Une série parallèle d'expériences a comporté l'addition de CO^3Ca précipité, de manière que la terre puisse être considérée comme en étant suffisamment pourvue (7,50 pour 100). Plusieurs extractions consécutives ont été effectuées après des temps de contact variables. Les résultats sont exprimés en pour 100 de P^2O^5 mis en expérience.

Résultats analytiques.

Solubilité comparée des divers engrais phosphatés dans l'eau saturée de CO^2.

	110^{mg} P^2O^5, 200$^{cm^3}$ H^2O.				110^{mg} P^2O^5, 760^{mg} CO^3Ca, 200$^{cm^3}$ H^2O.			
	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.
Scories Thomas	13,00	9,10	6,95	29,05	9,9	8,69	4,05	22,64
Phosphate précipité	47,60	28,50	13,90	90,00	26,30	22,90	18,60	67,80
Superphosphate minéral	91,00	2,90	traces	93,90	90,00	3,70	0,20	93,90
Os dégélatinés	12,90	11,60	8,20	32,70	traces	traces	traces	»
Craie phosphatée de Faucouzy décarbonatée	3,70	1,40	1,30	6,40	traces	traces	traces	»
Phosphate de Gafsa décarbonaté	4,00	2,10	2,05	8,15	traces	traces	traces	»
Phosphate tricalcique synthétique	28,50	17,40	13,30	59,20	traces	traces	traces	»

Solubilité des mêmes engrais en présence de terre de limon (influence de CO^3Ca).

		Après 8 jours.			Après 1 mois.			Après 2 mois.
		1re extr.	2e extr.	3e extr.	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.
Scories Thomas	sans CO^3Ca	12,90	10,20	9,50	12,20	8,80	7,80	35,30
	avec CO^3Ca	10,30	8,50	3,60	7,50	6,20	4,60	18,80
Phosphate précipité	sans CO^3Ca	42,40	29,00	19,20	43,00	26,40	13,10	80,70
	avec CO^3Ca	24,70	23,30	19,10	24,10	22,90	20,10	60,70
Superphosphate minéral	sans CO^3Ca	42,60	17,60	7,20	35,40	8,50	5,10	47,40
	avec CO^3Ca	43,60	14,00	7,00	42,50	13,80	5,35	61,50
Os dégélatinés	sans CO^3Ca	12,30	9,60	4,20	12,60	7,40	6,10	27,50
	avec CO^3Ca	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces

Interprétation des résultats. — 1° M. Th. Schlœsing a montré que CO^3Ca annihile la solubilité du phosphate tricalcique dans l'acide carbonique quand le bicarbonate de chaux correspond à la tension de CO^2. Nous retrouvons ce phénomène à la fois pour le phosphate tricalcique synthétique, les deux phosphates naturels expérimentés et le phosphate d'os dégélatinés. Toutefois les choses se passent d'une manière très différente pour les autres engrais. L'action dépressive de CO^3Ca se manifeste encore dans une certaine mesure pour les scories et les phosphates précipités, mais elle est sen-

siblement nulle pour le superphosphate. Nous avons vérifié d'ailleurs directement que le superphosphate laissé pendant 8 jours au contact d'une solution saturée de bicarbonate de chaux n'accuse au bout de ce temps aucune perte appréciable de sa solubilité carbonique. Le superphosphate représente donc l'engrais phosphaté par excellence des sels calcaires.

2° Par contre, le superphosphate est le produit qui subit dans le sol par rétrogradation les modifications les plus importantes. Des essais directs nous ont montré que la perte de solubilité carbonique doit être essentiellement attribuée aux sels de fer et non à ceux d'alumine. Le Tableau ci-dessus montre que CO^3Ca exerce à cet égard une action protectrice en diminuant la perte de solubilité dans la deuxième phase de la rétrogradation, c'est-à-dire dans celle qui suit le phénomène brusque du début.

Le phosphate précipité en l'absence de CO^3Ca se montre égal au superphosphate au point de vue de sa vitesse de dissolution. Il ne subit dans le sol aucune modification entraînant une perte appréciable de sa solubilité totale. Il en est de même des scories et des divers phosphates tricalciques.

3° Au point de vue de la vitesse d'attaque dans le sol, les superphosphates et les phosphates précipités se placent en tête. Le phosphate d'os dégélatinés équivaut aux scories en l'absence de CO^3Ca. En dernier lieu viennent les phosphates naturels avec équivalence du Gafsa et des phosphate de l'Aisne. Ces phosphates naturels, même à un état de grande ténuité sont beaucoup plus difficilement attaqués par CO^2 que le phosphate tricalcique synthétique. Enfin, il est important de noter qu'en terre calcaire la solubilité carbonique des divers phosphates tricalciques est extrêmement faible.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la réversibilité de l'action fermentaire de la d-mannosidase* α. Note de M. **H. Hérissey**, présentée par M. L. Guignard.

En utilisant la *d*-mannosidase α, enzyme contenu dans la graine de luzerne germée, on peut, suivant la composition du milieu dans lequel s'opère la réaction fermentaire, obtenir soit le dédoublement, soit la synthèse du méthyl-*d*-mannoside α [1]. Comme le montrent les essais qui vont être rapportés, hydrolyse et synthèse sont bien le fait d'un même ferment, dont l'action, en présence d'alcool méthylique et de mannose ou de méthyl-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 766 et 1536; t. 173, 1921, p. 1406.

d-mannoside, détermine un état d'équilibre, d'ailleurs évidemment variable suivant la proportion respective de ces trois principes.

J'ai étudié cet équilibre dans des milieux aqueux renfermant sensiblement, pour 100^{cm^3}, 10^g d'alcool méthylique et 1^g de méthyl-*d*-mannoside α ou une proportion de mannose *d* correspondante.

On a préparé les mélanges suivants :

1. — *Hydrolyse.*

Méthyl-*d*-mannoside α	$1^g,0007$
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne germée et séchée	4^g
Toluène	1^{cm^3}

2. — *Synthèse.*

Mannose *d*	$0^g,9280$ [1]
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne	4^g
Toluène	1^{cm^3}

3. — *Témoin.*

Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne	4^g
Toluène	1^g

Ces mélanges, qu'on agitait de temps à autre, ont été abandonnés à la température du laboratoire, pendant six mois, de mai en novembre; la durée de l'expérience a été ainsi prolongée de façon que l'état d'équilibre cherché soit sûrement atteint; on s'était assuré d'ailleurs que, depuis plus d'un mois avant la fin de l'essai, il ne se produisait plus aucune variation dans la rotation polarimétrique et dans le pouvoir réducteur des liqueurs correspondant aux divers mélanges. En accord avec mes recherches antérieures, on avait observé, dans le mélange 1 contenant à l'origine du méthylmannoside ($[\alpha]_D = + 79°,2$), une diminution graduelle de la rotation droite primitive et une augmentation concomitante du pouvoir réducteur; les phé-

---

(1) La quantité de mannose correspondant à $1^g,0007$ de méthylmannoside serait théoriquement de $0^g,9284$; à 1^g de mannoside correspond, en effet, $0^g,9278$ de mannose.

nomènes apparaissaient exactement inverses pour le mélange 2 contenant du mannose ($[\alpha]_D = +14°,2$).

Les déterminations finales des rotations polarimétriques et des pouvoirs réducteurs des liqueurs en expérience, pratiquées après défécation de celles-ci par l'extrait de Saturne (1^{cm^3} pour 20^{cm^3}), ont conduit aux résultats suivants, rapportés au volume primitif des liqueurs :

	1.	2.	3 (témoin).
Rotation ($l=2$)..........	$+1°24'$	$+1°24'$	$+31',5$
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100^{cm^3}......	$1^g,0657$	$1^g,0710$	$0^g,5754$

Les résultats obtenus avec les mélanges 1 et 2 sont remarquablement concordants; la différence entre les quantités de sucre réducteur ne porte en effet que sur quelques milligrammes; elle est de l'ordre des erreurs d'expérience. Dans les deux cas, l'action fermentaire s'exerçant soit dans le sens de l'hydrolyse, soit dans celui de la synthèse, a abouti au même état d'équilibre; il s'agit bien d'une réaction réversible.

Il s'était fait dans le mélange 1 une quantité de sucre réducteur égale à $1,0657 - 0,5754$ (sucre apporté par le ferment) $= 0^g,4903$, correspondant à l'hydrolyse de

$$\frac{0,4903}{0,9278 \text{ (quantité de mannose correspondant à } 1^g \text{ de méthylmannoside)}} = 0^g,5284$$

de méthylmannoside. D'autre part, il était disparu, dans le mélange 2, une quantité de mannose égale à

$$0,9280 \text{ (mannose initial)} + 0,5754 - 1,0710 = 0^g,4324,$$

correspondant à la formation de

$$\frac{0,4324}{0,9278} = 0^g,4660$$

de méthylmannoside; la rotation observée est en accord avec la théorie; en effet, la glucosidification de $0^g,4324$ de mannose doit aboutir à une augmentation de la rotation initiale de

$$\frac{0,4324}{0,702} = 0°,61 = 36',6,$$

l'indice de réduction enzymolytique du méthyl-*d*-mannoside α étant, comme je l'ai précédemment indiqué, égal à 702; la rotation due à $0^g,9280$

du mannose primitif est de $+15',8$; il s'ensuit que, pour le mélange 2, la rotation finale, calculée, devrait être

$$15',8+31',5+36',6=+83',9=+1^{\circ}23',9;$$

or l'observation a donné $+1^{\circ}24'$.

Si, d'autre part, nous additionnons les valeurs trouvées en 1 et 2 pour le mannoside hydrolysé ou synthétisé et celles trouvées dans les mêmes mélanges pour le mannose mis en liberté ou glucosidifié, nous aboutirons respectivement aux valeurs

$$0,5284+0,4660=0^{g},9944 \qquad \text{et} \qquad 0,4903+0,4324=0^{g},9227,$$

qui représentent, d'une façon aussi approchée que possible, les quantités de mannoside ($1^{g},0007$) et de mannose ($0^{g},9280$) mises effectivement en expérience.

Il est remarquable de constater que, dans un milieu renfermant seulement 10^{g} d'alcool méthylique pour 100^{cm^3}, l'état d'équilibre auquel conduit la réaction fermentaire correspond cependant à une limite très élevée de glucosidification, puisque cette dernière atteint 46 à 47 pour 100 du mannose mis en œuvre.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *La Radiographie appliquée à l'étude des lésions osseuses humaines préhistoriques.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Quand on a la bonne fortune de découvrir et de pouvoir fouiller, scientifiquement, c'est-à-dire avec une méthode aussi rationnelle que possible, nettement établie à l'avance dans ses grandes lignes, un *Ossuaire*, remontant à l'Age de la Pierre polie, on y recueille, surtout quand il est *vierge*, c'est-à-dire absolument intact et semblable à ce qu'il était lors de son édification, des ossements humains en très grand nombre, parmi lesquels, à l'aide d'un examen suffisamment minutieux, on trouve de multiples exemples de faits pathologiques.

Dans notre carrière d'explorateur préhistorique, à trois reprises différentes, en Seine-et-Marne (Vendrest), dans l'Oise (Vaudancourt), et en Vendée (Bazoges-en-Pareds), nous avons pu procéder de la sorte, dans les meilleures conditions possibles.

Dans cette Note nous ne mentionnerons que quelques cas, relatifs à des lésions osseuses découvertes à Bazoges-en-Pareds, parce que, pour ces pièces, nous avons pu étudier leur conformation *intérieure* et intime, à l'aide de la *Radiographie*, au lieu de ne recourir, comme d'usage jusqu'à présent, qu'à la simple photographie et à l'examen direct.

Certes, ce n'est pas la première fois qu'on applique à la Préhistoire ce procédé d'étude. Nous l'avons nous-même déjà utilisé pour des *Métatarsiens* (n° 1), malades et atteints d'ostéo-arthrite déformante, provenant de la sépulture de Vendrest. Cette manière de faire a permis de se rendre compte des modifications du tissu osseux intérieur sous l'influence de cette maladie et de découvrir des signes différentiels pour le diagnostic des diverses variétés d'ostéites préhistoriques, assez fréquentes.

D'autre part, grâce à la Radiographie, nous avons pu déterminer la nature du *corps étranger*, qui se trouvait enfoncé au milieu de la surface articulaire tibiale d'un astragale humain, de Bazoges et reconnaître qu'il s'agissait d'un débris d'un instrument en *os*, et non pas d'un fragment de *pierre* ou de *métal !*

Les radiographies auxquelles aujourd'hui nous faisons allusion sont, pour la plupart, d'un autre ordre.

Dans deux cas, il s'agit de fracture de l'extrémité inférieure du *cubitus*. Là non seulement l'épreuve montre la nature du cal extérieur visible, mais, par l'aspect des parties à ce niveau, prouve qu'il y a eu réellement une *brisure* de l'os, c'est-à-dire une solution de continuité, avec formation d'un cal intérieur, invisible, à caractères spéciaux.

Dans deux autres faits, on a affaire à des fractures de l'extrémité inférieure du *radius*, d'une nature étiologique un peu particulière, et d'un aspect macroscopique impossible à confondre avec d'autres cassures, mais qu'on peut avoir de la peine à distinguer de certaines lésions congénitales.

Ce sont des fractures classiques, dites de Dupuytren. La radiographie indique nettement leur mode de production par enfoncement de la diaphyse dans l'épiphyse, c'est-à-dire par pénétration et montre qu'autrefois, comme aujourd'hui, la théorie admise était l'expression de la vérité.

Toutes ces fractures se sont d'ailleurs parfaitement consolidées, de façon spontanée; cela en raison du phénomène de l'*os-attèle*, comme cela s'est produit aussi, grâce au tibia, pour la cassure du *péroné*, dont il y a également une radiographie.

Deux autres épreuves correspondent à de *l'ostéo-arthrite chronique* d'un

premier métatarsien et d'une phalange du pied. Elles signalent des ostéophytes et une raréfaction osseuse, parfois marquée.

Enfin les deux dernières radiographies se rapportent à des *corps étrangers*, que le traumastisme direct a fixés sur le périoste. Dans le premier de ces faits, il s'agit sans doute d'une *pointe de flèche en silex*, ayant pénétré obliquement dans la couche périostique tapissant le tibia et ayant déterminé la production d'un ostéophyte latéral, à tissu fibrillaire osseux, qui a moulé pour ainsi dire la pointe de flèche, laquelle s'est cependant perdue au cours de la fouille, mais a laissé sa place intacte et très reconnaissable.

Dans le second, qui est beaucoup plus important et intéressant, parce que là le corps étranger est toujours présent, on a affaire à un premier métatarsien du côté droit.

Cet os montre un bord interne, sur lequel se voient deux exostoses périostiques, en forme de gouttière à deux lèvres, au milieu de laquelle passait le tendon de l'extenseur du gros orteil.

A l'œil nu, on ne distinguait rien et on pouvait croire à de l'ostéo-arthrite périostique ou tendineuse, déformante! Mais la radiographie prouve qu'il s'agit de tout autre chose... Grâce à elle on constate en effet qu'il existe, encore *in situ*, sauf la lamelle *inférieure* ostéophytique, plaquée sur la face interne du métatarsien, une *pointe aiguë*, en triangle isoscèle, *très allongée*, constituée par une *lame de silex*, *très opaque*, à grand axe parallèle au corps de l'os.

Le corps étranger, long de 15^{mm}, large à sa base de 5^{mm}, est donc encore inclus et nettement visible, parfaitement délimitable. Le silex, d'ailleurs, *quand* on a su qu'il existait, a pu être vu, *à la loupe,* par un minuscule orifice de l'ostéophyte et apparaître de coloration bleuâtre par ce trou, large de moins de 1^{mm}.

Il ne s'agit pas là d'une pointe de flèche, mais d'un *éclat de taille*. Le sujet, marchant pieds nus, a dû, en appuyant dessus le bout de son pied, le faire pénétrer, par effraction cutanée, dans le périoste du métatarsien, sur lequel, plus tard, la plaie guérie, il s'est enkysté dans une production ostéophytique.

Jusqu'à présent, ce fait est unique dans la science. Il est intéressant, physiquement, car il prouve que les rayons X *peuvent révéler la présence de certains silex colorés*, ce que des expériences antérieures, exécutées avec des silex blonds et pâles, ne semblaient pas démontrer.

L'ensemble de ces diverses observations doit engager tous les préhis-

toriens à faire radiographier, non seulement les os humains *pathologiques* trouvés au cours des fouilles, mais aussi les débris osseux, non malades, mais n'ayant pas une apparence tout à fait normale ! un tel mode d'examen peut, à l'improviste, faire découvrir des lésions tout à fait inattendues et insoupçonnables à l'avance. Et ces faits éclairent alors d'un jour nouveau toute la biologie de nos ancêtres, et leur façon de vivre !

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la représentation picturale du mouvement.* Note de MM. **André Broca** et **Jean Comandon**, présentée par M. J.-L. Breton.

Les peintres et les sculpteurs ont toujours cherché à donner, par l'attitude de leurs figures, une évocation aussi saisissante que possible du mouvement qui a précédé le moment choisi et de celui qui va venir. Delacroix n'a pas craint, dit-il dans ses Mémoires, « de représenter derrière le glaive de l'exécuteur un éclair en secteur de cercle analogue à celui que donnerait à l'œil la vue de ce glaive très vivement éclairé pendant son mouvement ». De nombreux auteurs, parmi lesquels nous citerons Marey et Paul Richer, ont insisté sur les renseignements précieux donnés, à ce point de vue, par la cinématographie. Une première méthode consiste à surprendre le sujet dans une position qui serait impossible sans les forces d'inertie qui lui permettent de l'atteindre dans la nature. Nous pouvons citer le Mercure de Jean de Bologne et la Diane de Houdon ; nous pouvons citer également les chevaux des frises du Parthénon. Quelques grands artistes ont su observer les positions caractéristiques, au milieu du dédale d'impressions déformées par la persistance, que donnent les mouvements rapides, et les ont choisies d'instinct. Ce sont celles où les membres, atteignant une position de maximum ou de minimum, prennent un instant une vitesse assez faible pour évoquer une perception interprétable.

Cela nous prouve l'intérêt qu'il y a à chercher dans le domaine de la physiologie les faits qui permettent de donner une base solide et susceptible d'enseignement aux réalisations sorties de la divination des grands artistes.

Léonard de Vinci recommande déjà, pour donner de la variété à la composition, de représenter sur le même tableau des sujets dans des positions différentes d'un même acte. Ceci a été appliqué avec plus ou moins de bonheur dans des tableaux représentant de nombreux personnages (batailles, chasses, travaux champêtres, etc.).

En particulier, la reproduction d'un chef-d'œuvre d'Henri Martin : *La Moisson*, permet d'analyser le phénomène. Plusieurs faucheurs sont représentés à divers stades du coup de faux. Quand l'œil fixe l'un d'eux, en cachant les autres, il a la notion certaine de ce que les peintres nomment le mouvement dans une figure; mais quand l'observateur laisse son regard errer normalement sur le tableau comme c'est l'habitude pour explorer le monde extérieur, il lui semble voir par instants chaque faucheur animé d'un mouvement de fauchage. Ce phénomène est remarquable quand l'éclairage n'est pas trop fort, et surtout quand l'attention ne se soutient pas trop longtemps, car le soutien de l'attention exige une fixation de l'œil pendant laquelle l'illusion se détruit.

Ayant observé ce phénomène fortuitement, nous avons pensé que son étude systématique était possible avec les moyens actuels de la cinématographie. Nous avons pris sur un film des positions caractéristiques d'un homme en marche avec un fardeau, nous les avons agrandies à trois échelles différentes et nous avons collé sur un carton ces photographies convenablement découpées; les apparences décrites ci-dessus s'observent parfaitement dans ces circonstances. Les modalités du phénomène peuvent même s'approfondir assez bien. Quand l'œil arrive sur un sujet qui présente avec le voisin une faible variation dans le mouvement des jambes et une forte variation, par exemple dans le mouvement d'un bras, on croit voir se produire le mouvement du bras allant de la position du premier sujet à la position du second.

Des phénomènes analogues prennent naissance quand on regarde une photographie de groupe d'hommes debout par exemple. Quand on fixe nettement, rien ne se produit. Quand, au contraire, on laisse l'œil errer des seconds plans aux premiers, on a la notion très nette de voir les sujets du premier plan apparaître comme se dressant devant l'observateur en avançant vers lui.

L'optique physiologique permet de comprendre les bases fonctionnelles de ces apparences au moyen de deux phénomènes bien connus : la persistance des impressions passées et le retard des impressions naissantes, le tout étant joint à la rapidité extrême des mouvements oculaires.

Soit une image développée sur la rétine et supposons que la fixation qui l'a produite cesse à un instant donné; l'œil se portant, par un mouvement qui dure un temps extrêmement court, à une position voisine, où se trouve un deuxième sujet plus ou moins analogue. Au moment de la fixation nou-

velle, la première image dure encore, elle s'efface et la deuxième prend sa place. Tous ces phénomènes durent un temps de l'ordre du dixième de seconde. La persistance dure un peu moins d'un dixième (Plateau); la perception des formes exige un temps environ moitié moindre (Broca et Sulzer). Ce dernier chiffre aurait besoin d'ailleurs d'une mesure nouvelle, car le travail dont il est tiré montre son extrême variabilité suivant la complication de l'acte psychique qui lui est lié. Le chiffre que nous donnons semble être un minimum.

Il ne faut pas chercher, dans ce que nous venons de décrire, des mouvements de translation, l'illusion est celle du sujet qui produit sur place le mouvement de passage d'une attitude à l'autre. Les mouvements sont analogues à ceux d'un paquet de vers vivants : s'il était permis d'user d'un néologisme, on dirait que le sujet *grouille*.

Cette théorie fait comprendre l'intensité que prennent les phénomènes quand l'éclairage n'est pas trop fort, car, dans ces conditions, la durée de persistance augmente ainsi que le temps d'établissement de la sensation. Elle fait comprendre aussi que, lorsque la distance de deux sujets voisins est vue sous un diamètre apparent un peu grand, le phénomène diminue beaucoup d'intensité. Cela tient à la durée plus grande du mouvement de l'œil.

L'illusion du mouvement se produit mieux avec des photographies agrandies à contours enveloppés qu'avec des dessins au trait. Cela se comprend, car la netteté absolue du contour n'est pas compatible avec l'existence d'un mouvement, et le contour net donne à l'œil un signe local en discordance avec le reste du phénomène.

Nous croyons donc pouvoir recommander aux peintres l'étude des films cinématographiques au point de vue spécial que nous venons d'indiquer, celui de la recherche des positions caractéristiques, qui, placées statiquement auprès l'une de l'autre, donneront à un groupe l'aspect de la vie.

ZOOLOGIE. — *Nouvelle contribution à la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc*. Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note parue il y a quelques années [1], j'ai donné un aperçu général de ce que l'on savait alors sur les Poissons des eaux douces du Maroc.

---

(1) J. Pellegrin, *Sur la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 809).

Une liste de 24 espèces comprenait sept formes cosmopolites semi-marines et seize réellement dulçaquicoles, beaucoup plus intéressantes au point de vue zoogéographique. Ces dernières, en effet, appartenant toutes, à l'exception de la Truite, à la famille des Cyprinidés, se rattachaient à deux groupes distincts, les unes se reliant à des types européens, tandis que les autres, au contraire, se trouvaient apparentées à des formes vraiment africaines de la zone équatoriale cyprinoïde d'A. Günther.

Cette constatation n'était pas sans importance, car si en Algérie et en Tunisie le versant sud de l'Atlas marque assez bien la limite entre la *sous-région mauritanique* à caractère paléarctique et la *région éthiopienne* ou africaine proprement dite, il n'en est pas de même dans les cours d'eau du Maroc occidental se jetant dans l'Atlantique, où s'opère un mélange des deux faunes [1].

Des éléments nouveaux, presque tous fournis par des exemplaires recueillis par M. Alluaud, conservateur du musée de Rabat, permettent de compléter ces premières données.

Parmi les espèces anadromes, indépendamment de l'Alose feinte, l'Alose vulgaire (*Alosa vulgaris* C. V.) très abondante et objet d'une pêche fort importante, descend au Sud jusqu'à l'oued Massa, rivière qui prend sa source dans l'Anti-Atlas et est le dernier cours d'eau permanent du sud du Maroc. C'est là, assurément, le point le plus méridional de l'habitat d'une espèce particulièrement intéressante au point de vue économique.

Dans la famille des Cyprinidés, les Barbeaux présentent au Maroc une variabilité considérable. C'est un genre actuellement en pleine évolution, aux caractères instables et peu fixés. Plusieurs espèces nouvelles ont dû être ajoutées à celles déjà signalées.

Dans l'oued Massa, le Sous et l'Issen son affluent, on trouve un Barbeau de type européen, à écailles à stries divergentes, auquel j'ai donné [2] le nom de *Barbus massaensis* et qui est surtout remarquable par la faible ossification du troisième rayon simple de sa nageoire dorsale, celui-ci ne portant plus sur son bord postérieur que des traces de denticulations qui disparaissent même parfois complètement. C'est là le premier terme d'une série se continuant par les *Barbus Ksibi* Boulenger et *setivimensis* C. V., à rayon osseux de la dorsale médiocre ou moyen, et se terminant par le *B. callensis* C. V., à rayon épineux très fort, allongé et profondément denticulé. Il

---

(1) M. Boulenger a fourni peu après (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1016) une explication ingénieuse de ce fait en montrant que les *Varicorhinus* et les *Labeobarbus* de type éthiopien ou sud-asiatique, ont pu se maintenir au Maroc et dans quelques autres régions de l'Afrique où on les rencontre, par suite de l'absence de Characinidés herbivores comme les *Distichodus* et les *Citharinus*, qui partout ailleurs les supplantent.

(2) *Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, t. 2, 1922, p. 104.

est curieux de noter que dans les rivières du Maroc occidental, d'une façon générale et sans vouloir attribuer à ce fait une rigueur absolue, les formes les mieux armées sont plutôt septentrionales, l'ossification allant, en quelque sorte, en diminuant à mesure qu'on s'avance vers le sud (¹).

La bouche présente aussi de grandes modifications chez les Barbeaux marocains, ce qui m'a amené à distinguer deux variétés à grosses lèvres (*labiosa*), aussi bien chez le *B. massaensis* Pellegrin que chez le *B. setivimensis* C. V. L'hypertrophie labiale qu'on constate chez certains sujets et qui n'est pas, semble-t-il, un caractère sexuel, ne paraît pas avoir d'influence sur la longueur relative des barbillons.

Chez le *Barbus issenensis* Pellegrin, nouvelle espèce de l'Issen et du Sous, voisine du *B. massaensis*, lès lèvres, au contraire, sont très peu développées, l'inférieure, coupante, a son bord antérieur presque droit, recouvert d'un étui corné, tranchant. Le Barbeau de Figuig (*B. figuigensis* Pellegrin) qui mérite d'être élevé au rang d'espèce, voit son habitat étendu de l'oasis de Figuig à Timimun (Sud oranais), grâce à un envoi du Dr Edmond Sergent. Par contre, je ramène le *Barbus atlanticus* Boulenger au *B. Waldoi* Blgr. (²).

Une découverte particulièrement remarquable est celle d'un Cobitidiné dans l'Afrique du Nord. M. Alluaud a pris dans l'oued Tafilet, affluent du Sébou, des petits Poissons qui, d'après mon examen, ne sont autres que des Loches de rivière (*Cobitis tœnia* Linné). Le fait mérite d'autant plus d'être signalé qu'en dehors d'un *Nemachilus abyssinicus* Boulenger, du lac Tsana, en Abyssinie, aucun représentant du groupe n'avait encore été rencontré en Afrique. La Loche de rivière, très abondante en Europe et connue de la Scandinavie à l'Espagne, pénètre donc au Sud jusqu'au Maroc.

Aux Muges déjà cités, remontant les rivières de ce pays, il faut maintenant ajouter : le Muge sauteur (*Mugil saliens* Risso) et le Muge à grosses lèvres (*M. chelo* Cuvier).

L'exploration scientifique du pays, maintenant méthodiquement entreprise, amènera sans doute de nouvelles découvertes en ce qui concerne sa faune ichtyologique. Pour l'instant, le total des espèces dulçaquicoles marocaines se trouve porté à 30, plus 2 variétés.

Sans infirmer les données précédentes, sur le mélange au Maroc de formes paléarctiques et africaines, les récentes additions paraissent néanmoins montrer dans les rivières chérifiennes une certaine prédominance des types européens, et la présence de Cobitidinés, comme la Loche de rivière, est des plus caractéristiques sous ce rapport.

(¹) Il en est à peu près de même, en France, pour nos deux espèces de Barbeaux indigènes : le Barbeau méridional (*Barbus caninus* Cuvier), sans rayon dorsal ossifié se trouvant localisé seulement dans le Midi circumméditerranéen, tandis que le Barbeau commun (*B. fluviatilis* Agassiz), à rayon fortement ossifié et denticulé, se trouve presque partout.

(²) *Mém. Soc. Sc. nat. Maroc*, t. 1, n° 2, 1921, p. 141.

MÉDECINE. — *Influence de la d'Arsonvalisation diathermique sur les glandes endocrines. Application au traitement de la maladie de Basedow.* Note de M. H. **Bordier**, transmise par M. d'Arsonval.

On sait quelle énorme influence possèdent les oscillations électriques de haute fréquence sur la nutrition des tissus qu'elles traversent : ma Note ([1]) avait pour but de signaler ces effets dans les plaies atones.

Par analogie, il était permis de penser que ces mêmes effets trophiques pourraient se produire dans certaines glandes à sécrétion interne soumises convenablement à la d'Arsonvalisation diathermique, comme les ovaires et le corps thyroïde, en particulier.

J'ai commencé à étudier cette action sur l'ovaire et dans mon livre sur la diathermie ([2]), je rapporte un cas de guérison d'aménorrhée à peu près complète; ici c'est en agissant sur la nutrition du tissu ovarien et en en produisant l'hypérémie que la diathermie a rétabli la fonction très ralentie de cet organe.

D'autre part, dans un cas d'insuffisance ovarienne, avec bouffées de chaleur fréquentes, la d'Arsonvalisation diathermique a été suivie de résultats remarquables.

Les effets de la diathermie sur la fonction thyroïdienne sont de même très intéressants; dans le syndrome de Basedow, le traitement diathermique paraît appelé à rendre de grands services aux malades. Quoique les cas que j'ai pu traiter depuis quelques mois seulement soient encore très peu nombreux, il me semble utile de faire connaître les premiers résultats obtenus. La tachycardie est le symptôme qui s'améliore le plus rapidement, le nombre de pulsations diminue dès les premières séances : de 120 par exemple, les pulsations tombent à 80, après quatre ou cinq applications.

Le volume du goître subit une diminution pouvant atteindre plusieurs centimètres de la circonférence du cou.

L'exophtalmie s'améliore aussi relativement vite, beaucoup plus vite qu'après la radiothérapie ou la galvanisation. Le tremblement a persisté dans mes cas, quoique la tachycardie et l'exophtalmie se soient très améliorées.

La technique du traitement est simple : elle consiste à faire asseoir le

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1214.

([2]) *Diathermie et Diathermothérapie*, p. 456, Paris, Baillière et Fils, 1922.

malade sur une large plaque d'étain reliée à l'une des bornes de l'appareil de diathermie, pendant que l'autre électrode en étain souple, de 150^{cm^2}, est appliquée sur le cou et le haut du thorax en lui faisant recouvrir, autant que possible, le goitre. Le malade ayant la tête suffisamment renversée une serviette spongieuse pliée est placée sur l'électrode active et maintenue sur la plaque d'étain par une bande de caoutchouc.

L'intensité peut atteindre assez vite 1000 milliampères et peut être poussée jusqu'à 1200 milliampères. La durée de chaque séance doit être d'environ une demi-heure. Quant au nombre des séances, il est variable avec chaque cas; je préfère appliquer le traitement par séries, en faisant 10 séances consécutives suivies d'un repos de 12 à 15 jours.

Les premiers résultats m'autorisent à émettre l'espoir que la d'Arsonvalisation diathermique constituera le moyen thérapeutique le plus efficace que nous possédions contre le goitre exophtalmique.

A $15^h 5^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 février 1923.)

Note de M. *St. Procopiu*, Sur les spectres d'arc des métaux dans divers milieux et dans le vide :

Page 387, la note du bas de la page doit être reportée à la page 386, paragraphe 1, qui concerne l'arc dans l'eau.

(Séance du 26 février 1923.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Expression des déterminants les plus généraux d'une matrice en fonction des sections :

Page 557, ligne 7 en remontant, la limite supérieure de la somme en μ est n.
Page 559, ligne 3, *au lieu de* $\delta_{\tau N, \theta_\sigma}$, *lire* $\delta_{\tau_N, \theta_\sigma}$.